

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Кафедра технологии строительного производства

*В. С. Уханов*

# **ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ БАШЕННЫХ КРАНОВ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Оренбург  
2015

УДК 621.865.8  
ББК 34.44  
У 89

Рецензент кандидат технических наук, доцент В.О. Штерн.

**Уханов, В.С.**

У89 Изучение устройства и рабочих процессов строительных башенных кранов: методические указания/ В. С. Уханов; Оренбургский гос. ун-т – Оренбург: ОГУ, 2015. - 59с.

Методические указания включают в себя теоретическое изложение материала, классификацию и индексацию, описание устройства, принципа работы, рабочих процессов и определение производительности строительных башенных кранов, методику проведения практической работы и контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплинам «Строительные машины», «Современная строительная техника», «Механизация и автоматизация», «Механизация и автоматизация городского строительства и хозяйства», «Механизация и оборудование строительного производства» и «Современные дорожно-строительные машины» для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство всех форм обучения.

УДК 621.865.8  
ББК 34.44

© Уханов В. С., 2015  
© ОГУ, 2015

## Содержание

Введение .....	4
1 Цель работы .....	5
2 Внеаудиторная подготовка к выполнению работы .....	6
3 Общие сведения.....	7
4 Классификация и системы индексации башенных кранов .....	7
5 Устройство башенных кранов .....	16
5.1 Башни .....	16
5.2 Стрелы.....	21
5.3 Опорно-поворотные устройства .....	25
5.4 Поворотные платформы .....	27
5.5 Механизм передвижения.....	28
5.6 Ходовая рама .....	31
5.7 Противовесные консоли и распорки .....	32
5.8 Механизм подъема груза.....	33
5.9 Балласт и противовес .....	37
6 Основные параметры башенных кранов .....	39
7. Рекомендации по выбору башенного крана.....	42
7.1 Выбор башенного крана.....	43
7.2 Определение расчетных характеристик башенного крана.....	45
7.2.1 Требуемая высота подъема .....	45
7.2.2 Требуемый вылет крюка крана.....	46
8 Расчет производительности башенного крана.....	46
9 Монтаж, демонтаж, перевозка башенных кранов .....	49
10 Приборы и устройства безопасности и эксплуатация строительных башенных кранов .....	50
Контрольные вопросы .....	54
Список использованных источников.....	55
Приложение А. Содержание бланка отчета.....	56
Приложение Б. Исходные данные для выбора крана.....	57
Приложение В. Данные для расчета производительности башенного крана.....	58
Приложение Г Параметры основных моделей башенных кранов.....	59

## Введение

Современное строительство является одной из наиболее механизированных сфер человеческой деятельности. Строительные машины используются на всех этапах строительного производства - в карьерной добыче строительных материалов (песка, гравия, глины, мела и т.п.); в изготовлении железобетонных, металлических, деревянных и других строительных элементов заводским способом; при погрузке, разгрузке и транспортировке материалов и строительных конструкций; в технологических процессах возведения зданий и сооружений, строительстве дорог, подземных коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и других видов строительства - от работ освоения строительных площадок и нулевого цикла до завершающих стадий отделочных и т.п. работ. Строительные машины являются средствами механизации ремонтных и восстановительных работ.

В первой половине прошлого столетия с внедрением в строительное производство машин решалась задача замены трудоемких ручных строительных процессов машинными, а впоследствии - вытеснения ручного труда широким внедрением средств малой механизации. В настоящее время в области механизации строительства решаются проблемы более высокого уровня. В сфере повышения эффективности машинного строительного производства - создание комплексов машин, обеспечивающих наиболее высокую выработку строительной продукции при минимальных затратах на ее создание. В социальной сфере - обеспечение комфортных условий для персонала, обслуживающего машины; широкое внедрение автоматических систем управления с целью облегчения труда человека-оператора и повышения качества строительных работ

Из сказанного следует, что весь производственный цикл от создания проекта строительного объекта до его реализации представляет собой комплекс взаимно связанных составных частей, включая механизированную

технологии и строительные машины как средства ее обеспечения. Для эффективного решения производственных задач каждый участник строительного процесса должен быть, прежде всего, специалистом в своей узкой области и на познавательном уровне быть способным оценивать влияние на нее смежных частей указанного комплекса. Например, для специалиста-строителя в отношении строительных машин это означает, прежде всего, способность ориентироваться в технологических возможностях различных моделей машин определенного назначения для оптимального комплектования ими технологических процессов в заданных производственных условиях.

## **1 Цель практической работы**

1. Закрепление знаний по темам лекционных занятий.
2. Выяснить назначение всех механизмов и узлов строительных башенных кранов.
3. Изучить устройство и принцип работы механизмов и систем башенных кранов.
4. Изучить виды грузозахватных устройств.
5. Определить основные параметры строительных кранов по заданной грузоподъемности и высоте.
6. Подсчитать техническую и эксплуатационную производительность башенного крана (по вариантам).
7. Ознакомиться с основными параметрами и техническими характеристиками современных башенных кранов.
8. Приобрести навыки анализа графиков грузоподъемности и высоты подъема крюка башенного крана.

Работа выполняется в течение 3-х часов. Для выполнения работы необходимы: макет, плакаты и слайды башенного крана, их технические и грузовысотные характеристики, линейка, карандаш, микрокалькулятор.

## **2 Внеаудиторная подготовка к выполнению практической работы**

В процессе подготовки к выполнению работы студент должен изучить разделы курсов по дисциплинам: «Строительные машины», «Современная строительная техника», «Механизация и автоматизация», «Механизация и автоматизация городского строительства и хозяйства», «Механизация и оборудование строительного производства» и «Современные дорожно-строительные машины», а также по конспектам лекций.

Пользуясь настоящими методическими указаниями, студент должен:

- 1) уяснить цель работы, её содержание и порядок выполнения;
- 2) выписать в тетрадь расчётные формулы;
- 3) подготовить бланк отчёта (по форме, предоставленной в приложении А), согласно которому необходимо:
  - а) указать цель работы;
  - б) начертить схемы:
    - общего вида крана;
    - механизмов подъёма, полиспаста, передвижения тележки и крана;
    - механизм поворота крана;
    - схему для определения высоты подъёма крюка;
  - в) выполнить эскизы грузозахватных устройств и схем страховки грузов (вид груза задаёт преподаватель);
- 4) подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **3 Общие сведения**

Башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в строительстве и предназначены для механизации строительно-монтажных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, а также для выполнения различных погрузочно-разгрузочных работ на складах, полигонах и перегрузочных площадках. Основное назначение башенных кранов - обеспечить вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий и строительных материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта. Темп строительства определяется производительностью башенного крана, существенно зависящий от скоростей рабочих движений. Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на 360°, передвижение самоходного крана. Отдельные движения могут быть совмещены, пример подъем груза с поворотом стрелы в плане. Все башенные краны снабжены многодвигательным электроприводом с питанием от сети переменного тока напряжением 220/380 В. В общем случае каждый башенный кран – это поворотный кран с подъемной или балочной стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.

### **4 Классификация и системы индексации башенных кранов**

Башенные краны *классифицируются* по назначению, по способу установки, типу ходовых устройств, конструкции башен и типу стрел. *По назначению* различают краны для строительно-монтажных работ в жилищном, гражданском и промышленном строительстве, для обслуживания складов и полигонов заводов железобетонных изделий и конструкций, для подачи бетона

на гидротехническом строительстве. По способу установки на месте работ различают краны стационарные, передвижные и самоподъемные. По типу стрелы: с балочной, подъемной и шарнирно-сочлененной стрелой. По конструкции башни различают краны с поворотной и неповоротной башней. По типу ходового устройства передвижные башенные краны подразделяются на рельсовые, автомобильные, на специальном шасси автомобильного типа, пневмоколесные и гусеничные.

В кранах с поворотной башней опорно-поворотное устройство (ОПУ) расположено внизу на ходовой части, причём противовес может быть расположен внизу или вверху. В кранах с неповоротной башней ОПУ размещено в верхней части башни. У крана вращается только оголовок со стрелой, противовесной консолью.

Преимущества кранов с неповоротной башней является возможность их крепления к зданию при большой высоте подъема. Приставные краны могут работать практически с неограниченной высотой подъема груза.

Башенным строительным краном называется поворотный кран (рисунок 1, а, б) со стрелой 2, закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни 6, предназначенный для выполнения строительно-монтажных работ.

Управление всеми механизмами осуществляется машинистом из кабины 4. На большинстве кранов она находится на верху башни, что обеспечивает хороший обзор фронта работ.

Груз поднимают с помощью грузовой лебедки 10, грузового каната и крюковой подвески 1, являющейся грузозахватным органом крана.

Кран выполняет следующие движения: подъем груза, изменение вылета, передвижение и поворот. Сочетание этих движений позволяет не только подавать груз в любую точку строящегося здания, но и обслуживать территорию склада, разгружать материалы с транспортных средств.

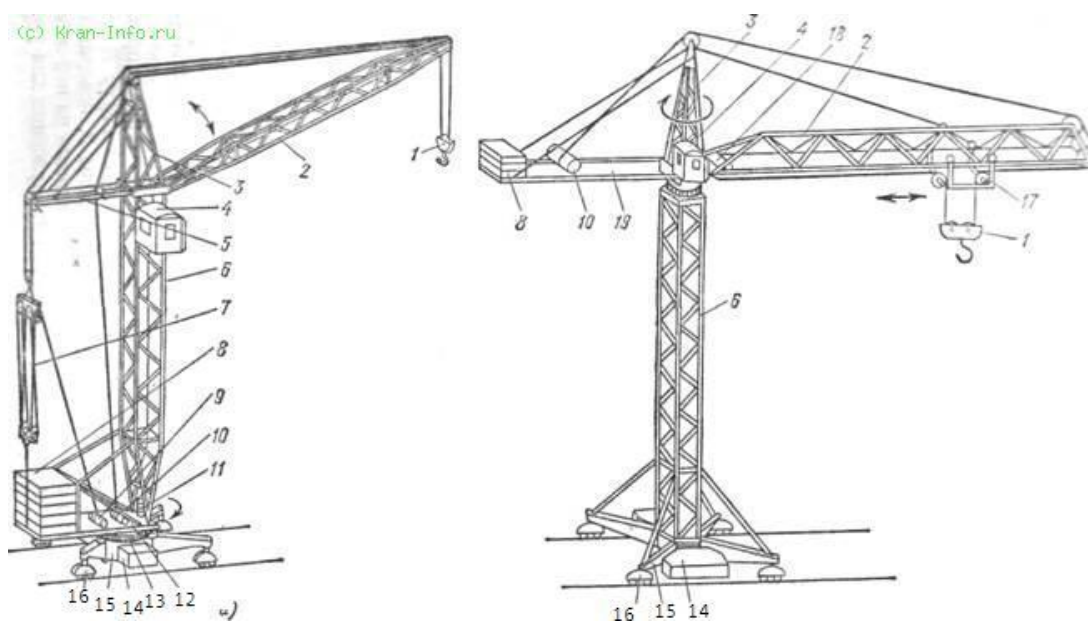
Изменение вылета (т. е. изменение положения крюковой подвески относительно оси вращения крана) осуществляется либо изменением угла



наклона стрелы с помощью стрелового полиспаста 7 и стреловой лебедки 9, либо перемещением грузовой тележки 17 с помощью тележечной лебедки 18.

Передвигается кран по строительной площадке обычно с помощью рельсового ходового устройства на стальных ходовых колесах с приводом от механизма передвижения по крановым путям. Для связи поворотных и неповоротных частей крана служит опорно-поворотное устройство 13, которое обеспечивает как передачу нагрузок от поворотной части крана на неповоротную ходовую раму 15, так и вращение поворотной части относительно неповоротной.

Различают два основных типа башенных кранов: с поворотной (рисунок 1, а) и неповоротной (рисунок 1, б) башней.



1 — крюковая подвеска; 2 — стрела; 3 — оголовок; 4 — кабина;  
5 — распорка; 6 — башня; 7 — стреловой полиспаст; 8 — противовес;  
9 — стреловая лебедка; 10 — грузовая лебедка; 11 — механизм поворота;  
12 — поворотная платформа; 13 — опорно-поворотное устройство;  
14 — балласт; 15 — ходовая рама; 16 — ходовая тележка; 17 — грузовая тележка; 18 — тележечная лебедка; 19 — противовесная консоль.

Рисунок 1 - Башенный кран: а— с поворотной башней и подъемной стрелой; б— с неповоротной башней и балочной стрелой

В кранах с неповоротной башней, например, КБ-674, опорно-поворотное устройство размещено на верху башни. При этом поворотная часть крана состоит из стрелы 2, поворотного оголовка 3 и противовесной консоли 19 с размещенными на ней лебедками, механизмом поворота 11 и противовесом 8, служащим для уравнивания крана при работе.

У кранов с подъемной стрелой (см. рисунок 1, а) груз подвешивают к концу стрелы. Изменение вылета (подъем стрелы) в этом случае осуществляется поворотом стрелы относительно опорного шарнира.

У кранов с балочной стрелой (рисунок 1, б) груз подвешивают к грузовой тележке, которая перемещается при изменении вылета по направляющим балкам стрелы.

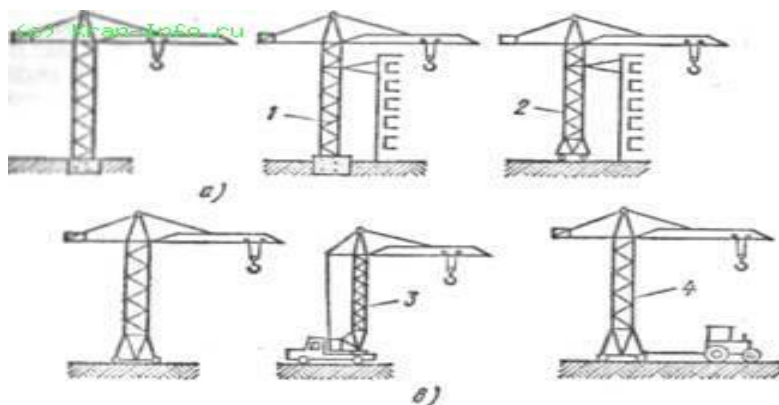


Рисунок 2-Общий вид крана с неповоротной башней и балочной стрелой

Наиболее просты по конструкции и способу изготовления подъемные стрелы, которые и получили массовое распространение.

Башенные краны классифицируют по возможности перемещения по строительной площадке и виду ходового устройства.

*По возможности перемещения* башенные краны делятся на стационарные, самоподъемные и передвижные (самоходные и прицепные).



а — стационарный; в — передвижной;

1 — приставной; 2 — универсальный; 3 — самоходный; 4 — прицепной.

Рисунок 3 - Виды кранов по возможности перемещения

К стационарным (рисунок 3, а) относятся краны, закрепленные на фундаменте или на другом неподвижном основании. Они бывают приставные и универсальные. При большой высоте для повышения прочности и устойчивости стационарные краны дополнительно крепят к возводимому сооружению. В этом случае их называют приставными 1, например, КБ-675. Приставной кран, оборудованный ходовым устройством, который до определенной высоты может работать как передвижной, называется универсальным 2. К самоподъемным относятся краны, устанавливаемые на каркасе строящегося здания и перемещающиеся вверх с помощью собственных механизмов по мере возведения сооружения.

Стационарные и самоподъемные краны применяют главным образом при строительстве многоэтажных и высотных зданий.

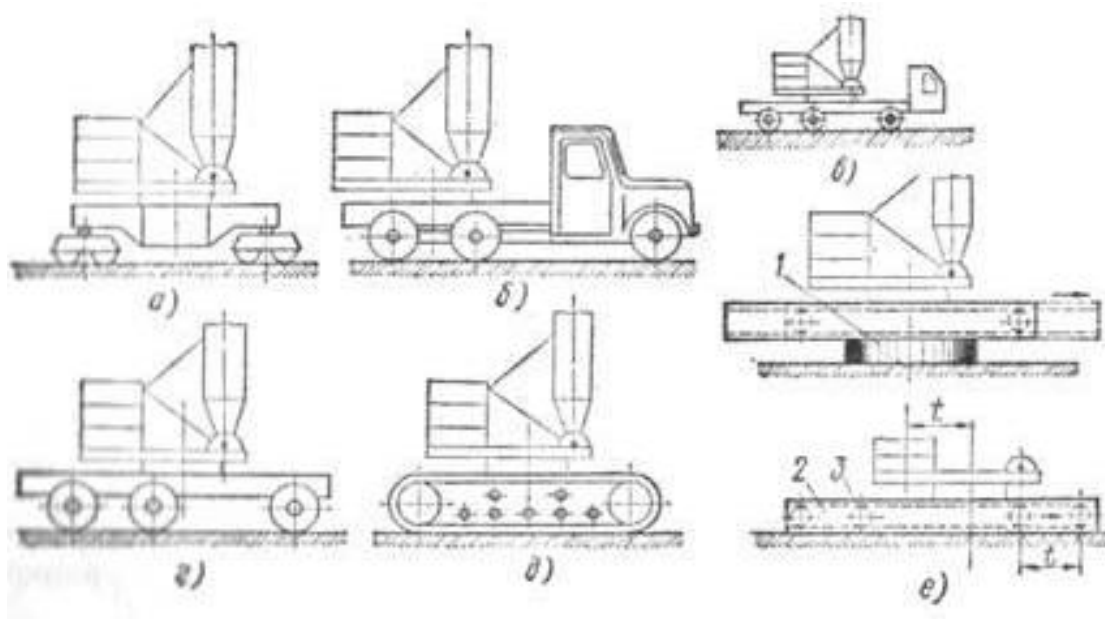


Рисунок 4 - Общий вид стационарного безголовочного крана

К передвижным кранам (рисунок 3, в) относятся краны, передвигающиеся по рабочей площадке. Передвижные краны, оборудованные собственным приводом для передвижения при работе и транспортировании, называются самоходными 3. Передвижные краны, перемещаемые при транспортировании тягачом, называются прицепными 4.

По типу ходового устройства башенные краны подразделяются на рельсовые, автомобильные, на шасси автомобильного типа, пневмоколесные, гусеничные и шагающие. Отличаются эти краны друг от друга конструкцией ходового устройства.

Наибольшее распространение получили рельсовые башенные краны (т. е. на рельсовом ходовом устройстве) (рисунок 5, а), так как установка крана на рельсовых путях упрощает их эксплуатацию и повышает безопасность работы.



а — рельсовый; б — автомобильный; в — на шасси автомобильного типа; г — пневмоколесный; д — гусеничный; е — шагающий; 1 — башмак; 2 — ходовая рама; 3 — ходовые колеса; I — шаг передвижения крана

Рисунок 5 - Виды кранов по типу ходового устройства





Рисунок 6 - Общий вид самоходного автомобильного башенного крана (транспортное положение)



Рисунок 7 - Общий вид башенного крана-погрузчика КБ-586П

Система индексации башенных кранов представлена на рисунке 7.

В индекс крана входят буквенные и цифровые обозначения. Буквы перед цифрами обозначают: КБ — кран башенный.

*По назначению:*

-для кранов, предназначенных для жилищно-гражданского и промышленного строительства, обслуживания складов, полигонов, не указывают;

КБМ — кран башенный модульной системы,

КБР — кран башенный для ремонта зданий,

КБГ — кран башенный для гидротехнического строительства,

КБС – самоподъемные краны для монтажа высотных зданий.

Цифры индекса последовательно обозначают:

*первая цифра* — номер размерной группы, в том числе соответствующий номинальному грузовому моменту:

*последующие две цифры* — порядковый номер базовой модели:

01...69 для кранов с поворотной башней,

71...99 — с неповоротной башней.

После точки указывается порядковый номер исполнения крана (0—9), который может отличаться от базовой модели длиной стрелы, высотой подъема, грузоподъемностью. В обозначении базовых моделей номер исполнения «0» обычно не ставится. Буквы (А, Б, В,...), стоящие в индексе после цифр, обозначают очередную модернизацию (изменение конструкции без изменения основных параметров) и *климатическое исполнение крана*:

ХЛ — для холодного;

Т — тропического;

ТВ — тропического влажного климата;

У - для умеренного климата.

Например, индекс крана КБГ-874-01.02АТ1.

А расшифровывается так: кран башенный строительный (КБ) для гидротехнического строительства (Г), восьмой размерной группы(8), с неповоротной башней(74), исполнение по геометрическим параметрам (01), с дополнительным исполнением по приводу (02), первой модернизации (А), для тропического климата(Т), категории размещения (1).

Краны, выпущенные заводами Минстройдормаша до внедрения действующей индексации, а также краны, выпускаемые другими заводами, не имеют единой системы индексации. Например, индекс крана МСК-10-20 расшифровывается так: мобильный складывающийся кран грузоподъемностью 10 т и вылетом 20 м.

*Параметры основных моделей башенных кранов* регламентированы ГОСТ 13556—91. Этим ГОСТ предусмотрена возможность наряду с изготовлением базовых моделей кранов серии КБ выпуск различных их исполнений, позволяющих существенно расширить область применения кранов. Исполнения кранов отличаются от базовой модели технической характеристикой (высотой подъема, длиной стрелы, максимальной грузоподъемностью, возможностью использования в различных ветровых районах и т. п.). Могут быть получены на основе базовой модели изменением количества секций башни, секций стрелы, оснащением различными крюковыми подвесками, грузовыми тележками и т. п. Краны серии КБ имеют единую конструктивную схему, комплектуются ограниченным числом унифицированных узлов и деталей, что облегчает их серийное производство, техническую эксплуатацию и ремонт. Краны серии КБ являются наиболее массовыми в нашей стране. Объем их производства превышает 80 % всего выпуска башенных кранов. *Характерными конструктивными достоинствами* кранов типового ряда являются:

- использование электрического много моторного привода переменного тока с питанием от электросети напряжением 220/380 В;
- максимальное использование унифицированных узлов и механизмов;
- применение устройств для плавной посадки грузов
- схема запасовки канатов, обеспечивающая горизонтальное перемещение груза при изменении вылета подъемной стрелы;
- возможность передвижения крана по криволинейным участкам подкрановых путей

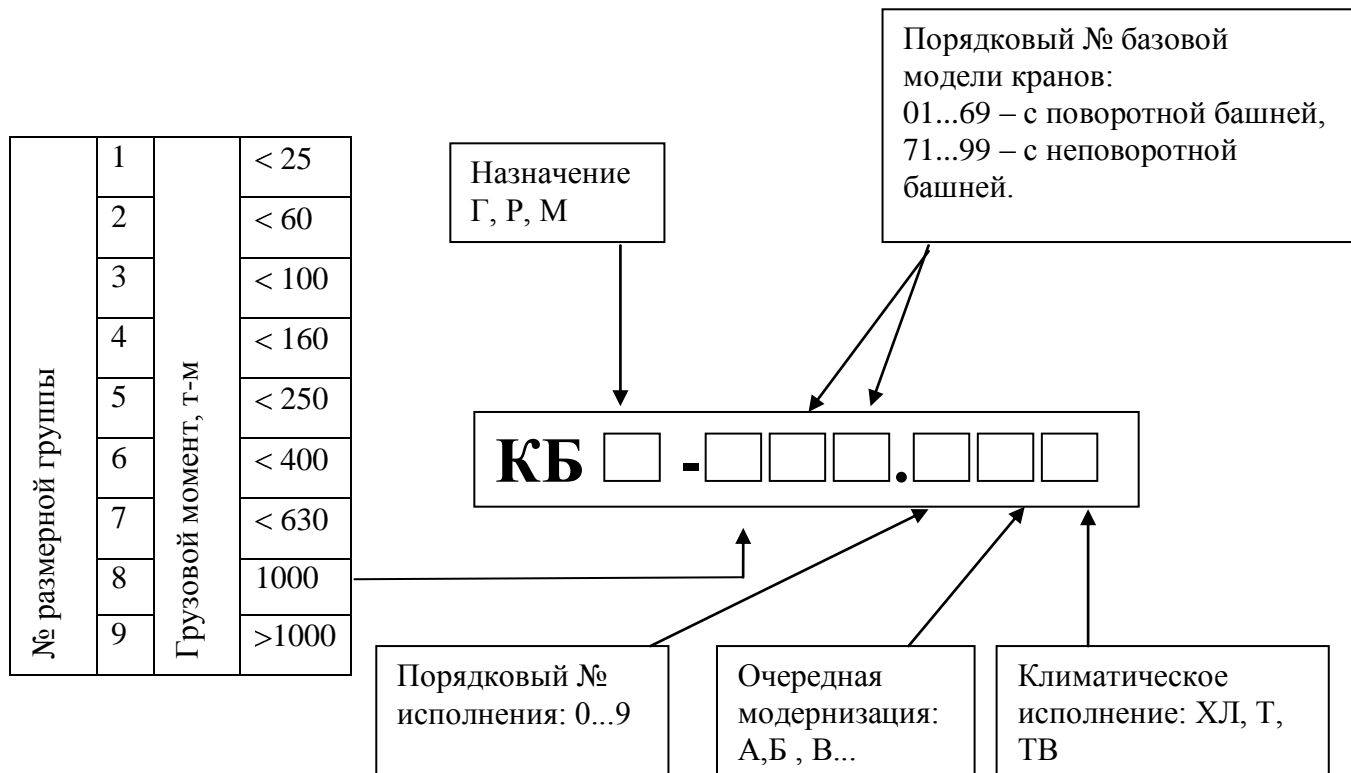


Рисунок 8 - Система индексации башенных кранов

## 5 Устройство башенных кранов

Любой башенный кран состоит из следующих основных частей: ходовой рамы, поворотной платформы, башни, стрелы, крюковой подвески, полиспастов, противовеса и балласта, опоры стрелы, унифицированных механизмов, приборов безопасности и электронного оборудования. Противовес и размещенный в центре балласт состоит из железобетонных плит. К унифицированным механизмам и узлам относятся лебедки: стреловая, грузовая, механизм поворота, поворотный круг, кабина машиниста и 4 ходовые двухколесные тележки.

### 5.1 Башни

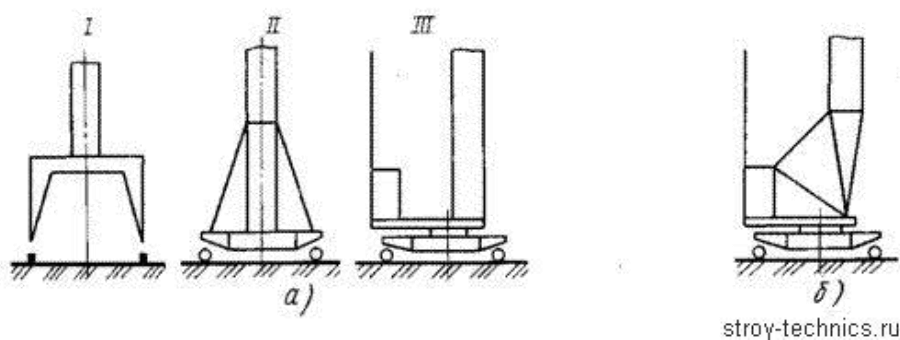
*Башня* — металлоконструкция, жестко закрепленная в вертикальном положении на опорной части или на поворотной платформе. В своей верхней



части поворотная башня соединена с оголовком, на котором подвешивают стрелу, а неповоротная — с опорно-поворотным устройством, служащим для вращения поворотной части крана. К оголовкам спереди крепится стрела, сзади противовесная консоль или распорка. На некоторых кранах (например, АБКС5) оголовок заменен шарнирными стойками. При демонтаже крана стойки складываются, и длина крана уменьшается.

*Распорка* - это плоская рама, закрепленная на верху поворотной башни (с нижним расположением противовеса) со стороны, противоположной стреле. Распорка отводит стреловые и грузовые канаты от башни на максимально возможное расстояние, чтобы разгрузить башню от изгиба при подъеме груза.

*Классификация по конструкции башен.* По конструкции башни бывают: решетчатые из уголков (кран КБ-308) или из труб (краны КБ-403А, КБ-674А) либо в виде сплошной одно- или двухсекционной трубы большого диаметра (кран КБ-100. 3А). Металлоконструкция решетчатой башни состоит из продольных уголков (труб), называемых поясами, и диагонально расположенных уголков (труб) — раскосов. В плане решетчатые башни имеют квадратное, прямоугольное, в некоторых случаях треугольное сечения.



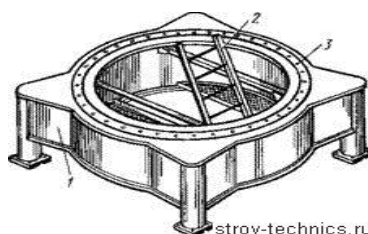
а – с жестким креплением; б – с шарнирным креплением.

Рисунок 9– Способы крепления башен к ходовой раме

В зависимости от места расположения опорно-поворотного устройства башни бывают *неповоротные и поворотные*.

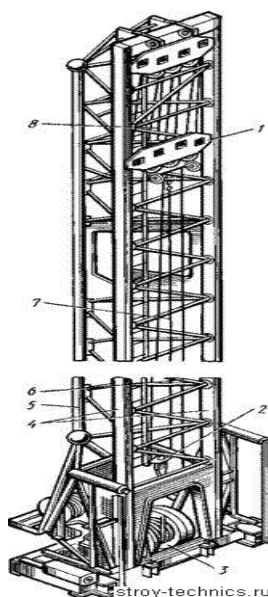
Неповоротная башня снизу жестко крепится (рисунок 9, а) к ходовой раме, фундаменту (у стационарных и приставных кранов) или к опорным балкам крепления к зданию III (у самоподъемных кранов).

Для соединения неповоротной башни с поворотной частью на верху башни размещается неповоротная рама, на которой находится опорно-поворотное устройство (ОПУ), связанное с поворотной рамой, которая соединена трубчатыми поясами с оголовком. Неповоротная рама (рисунок 9) – кольцевая коробчатого сечения, с трубчатыми опорами, крепится к поясам башни. По способу монтажа башни подразделяются на неразбираемые (краны КБ-100.1, АБКС-5), разбираемые на земле: телескопические, складывающиеся, подращиваемые и наращиваемые.



1 — опора; 2 — лестница; 3 — отверстие для крепления.

Рисунок 10 - Неповоротная рама для крепления опорно-поворотного круг



1,2 — полиспасты; 3 — лебедка; 4,5 — пояса; 6 — раскосы;  
7, 8 — канаты.

Рисунок 11 - Монтажная стойка кранов КБ-674А

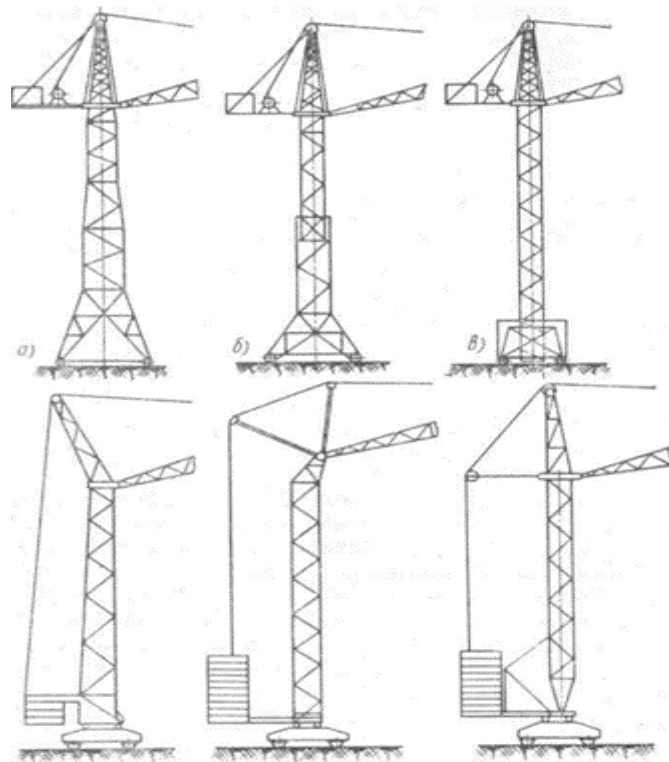
*Монтажная стойка* (рисунок 11) крана КБ-674А состоит из трехгранной фермы. Два пояса, примыкающие к башне, выполнены из швеллеров и служат ездовыми для катков, размещенных в выдвижной секции башни. Третий пояс и раскосы — трубчатые. Обойма монтажного полиспаста предназначена для подъема верхней части крана при наращивании башни. Для перемещения, подъема или опускания монтажной стойки используют полиспаст. В нижней части монтажной стойки размещается двух барабанная лебедка, один барабан которой используется для навивки монтажного каната выдвижения башни, второй — для каната подъема и опускания самой стойки.

Решетчатые башни имеют конфигурацию, показанную на рисунке 12.

Нагрузки на верхнюю часть башни всегда меньше, чем на нижнюю, поэтому желательно сечение ее делать переменным. Так как повреждение нижней части башни всегда опаснее, чем верхней, следует подбирать ее размеры так, чтобы запас прочности и устойчивости нижних частей был больше, нежели верхних. Это требование удовлетворяется в башнях переменного сечения (рисунок 12, а).

В кранах с *подрациваемыми снизу башнями* (рисунок 12, в) это требование трудно выполнить, так как размеры поперечного сечения должны быть одинаковыми по всей высоте. Можно, правда, менять сечения поясов, но это целесообразно только при крупносерийном производстве кранов.

В кранах с *телескопическими башнями* (рисунок 12, б) иногда суживают верхнюю секцию кверху. *Поворотные башни* выполняют опирающимися на четыре точки (рисунок 12, г и д) или на две (рисунок 12, е). В последнем случае башня поддерживается в равновесии подкосами. Опираение на две точки статически определимо и поэтому более целесообразно.

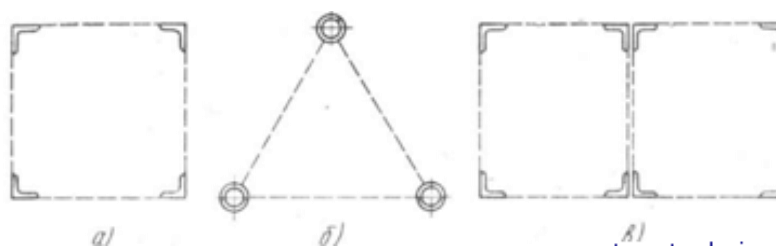


а — неповоротная переменного сечения; б — неповоротная телескопическая; в — неповоротная, подращиваемая снизу; г — поворотная с отогнутым назад оголовком; д — поворотная со смещенным от оси колонны вперед опорным шарниром стрелы; е — шарнирно опертая на платформу поворотная с задней распоркой

Рисунок 12 - Схемы решетчатых башен

Обычно сечение решетчатых башен выполняют квадратным (рисунок 13, а) или треугольным (рисунок 13, б). Если для обеспечения прочности необходимо большое сечение, то башню иногда выполняют из двух прямоугольных ферм, соединяемых вместе при монтаже (рисунок 13, в). При этом расположенные по середине пояса не воспринимают нагрузки от изгиба. Лишних затрат металла можно избежать, составляя прямоугольную башню большого сечения из пространственных трехгранных элементов. Ширину башни квадратного сечения обычно стремятся делать не более 2,5 м, чтобы башню можно было перевозить по железной дороге целиком. В кранах всех типов башни снабжают лестницами, размещаемыми внутри или снаружи. Внутреннее расположение наиболее удобно: лестницы меньше повреждаются

при перевозке и требуют меньшей затраты металла. Наружные лестницы приходится делать тогда, когда сечение башни недостаточно.



а — квадратное; б — треугольное; в — из двух квадратных ферм

Рисунок 13 - Поперечные сечения решетчатых башен

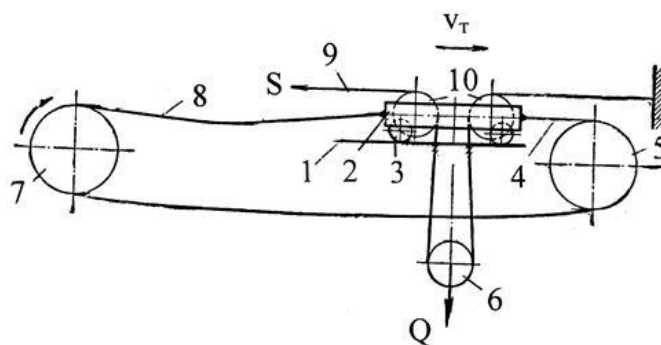
## 5.2 Стрелы

*Стрелы* башенных кранов служат для подачи грузов в любую точку зоны обслуживания крана. В зависимости от способа изменения вылета стрелы разделяются на *подъемные* и *балочные*.

По ходовому пути 1 перемещается грузовая тележка, имеющая жесткую раму 2 и ходовые катки 3. Перемещение обеспечивают тяговые канаты 4 и 8. Одним концом они закреплены на раме тележки, а другой конец этих канатов запасован на барабане привода (лебедки) 7. При этом канат огибает стационарно установленный обводной блок 5. При изменении направления вращения тележка перемещается в другую сторону.

На тележке установлены блоки 10 подъемного каната 9, на котором подвешена крюковая обойма 6. Крепление канатов на барабане должно быть выполнено так, чтобы грузовые и тяговые канаты не соприкасались.

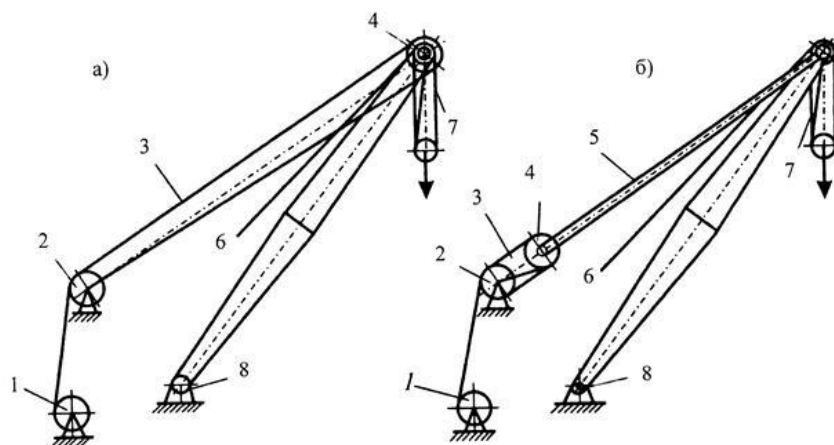
Вместо нарезных барабанов могут применяться барабаны фрикционные. Канат обвивает такой барабан несколькими витками и закрепляется на раме тележки как показано на рисунке 14. Тяговое усилие создается за счет сил трения между витками.



1-ходовая рама; 2-жесткая рама; 3-ходовой каток; 4-8-тяговые канаты; 5- стационарно установленный обводной блок; 6-крюковая подвеска; 7-барабан привода (лебедка); 9-подъемный канат; 10-блоки.

Рисунок 14 - Механизм изменения вылета с канатной тягой

Механизм изменения вылета предназначен для перемещения груза поворотным краном в радиальном направлении относительно центра вращения. Эту задачу можно решить двумя путями: *перемещение грузовой тележки по стреле с помощью лебедки (механизма передвижения); поворот стрелы в вертикальной плоскости.* Наиболее просто угол наклона стрелы меняется с помощью канатных полиспастов либо гидравлических цилиндров.

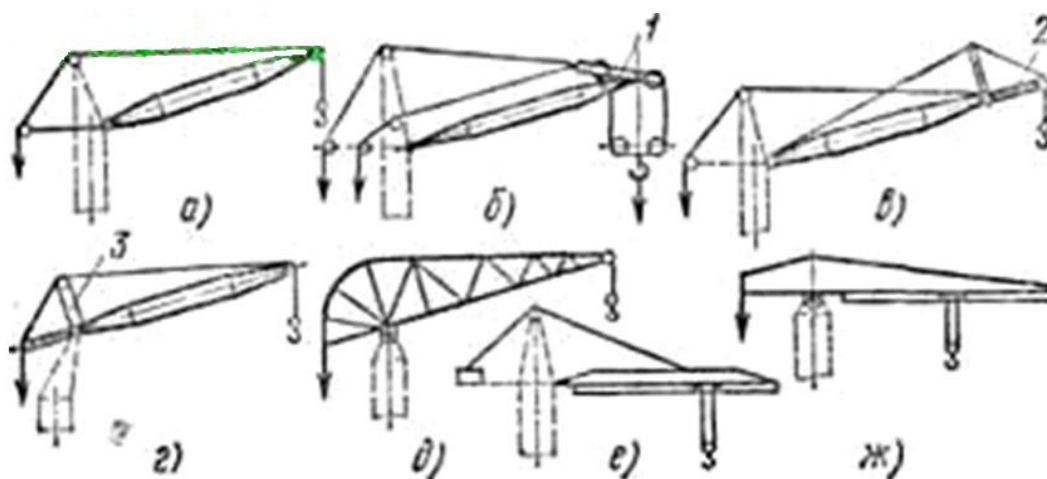


1-лебедка; 2 – неподвижная обойма; 3 – канат; 4 – подвижная обойма; 5 –тяга; 6- грузовой канат; 7 – полиспаст; 8 – опора стрелы.

Рисунок 15 –Полиспастный привод механизма изменения вылета стрелы

Наибольшее распространение получили краны с подъемной стрелой. Это объясняется тем, что они имеют на 15—20 % меньшую массу по сравнению с

кранами, оборудованными балочными стрелами, более технологичны в изготовлении, их проще монтировать и перевозить. К недостаткам кранов с подъемными стрелами относятся: отсутствие строго горизонтального перемещения груза при изменении вылета; необходимость повышенной мощности привода для подъема стрелы и груза при изменении вылета; сравнительно большая величина минимального вылета; значительные величины ускорений при пуске и остановке груза, что в сочетании с большой длиной подвеса приводит к сильному раскачиванию груза. В последние годы наметился переход от подъемных к балочным стрелам, что позволяет повысить монтажные качества крана.

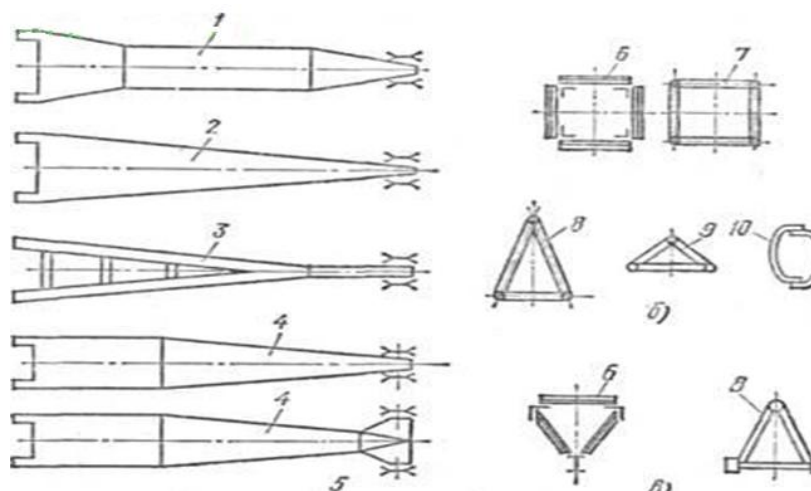


а — подъемная подвесная; б — то же, с балансиром; в — то же, с гуськом; г — то же, со стойками; д — подъемная молотовидная; е — балочная подвесная; ж — балочная молотовидная; 1 — балансир; 2 — гусек; 3 — стойка.

Рисунок 16 – Типы стрел башенных кранов

По конструкции подъемные и балочные стрелы делятся на: подвесные (рисунок 14, а, е), подвесные с балансиром (рисунок 14, б), подвесные со стойками (рисунок 14, г), подвесные шарнирно-сочлененные с гуськом (рисунок 14, в) и молотовидные (рисунок 16, д, ж).

Наиболее просты подвесные подъемные стрелы, которые получили массовое распространение.



а — вид в плане; б — поперечные сечения подъемных стрел; в — то же, балочных стрел; 1 — трехсекционная; 2 — трапециевидная; 3 — А-образная; 4 — оптимальной конструкции; 5 — балочная; 6 — уголковой, конструкции; 7 — четырехгранная решетчатая из труб; 8 — то же, трехгранная; 9 — тоже, оптимальной конструкции; 10 — из гнутого профиля.

Рисунок 17 - Конструктивные исполнения стрел

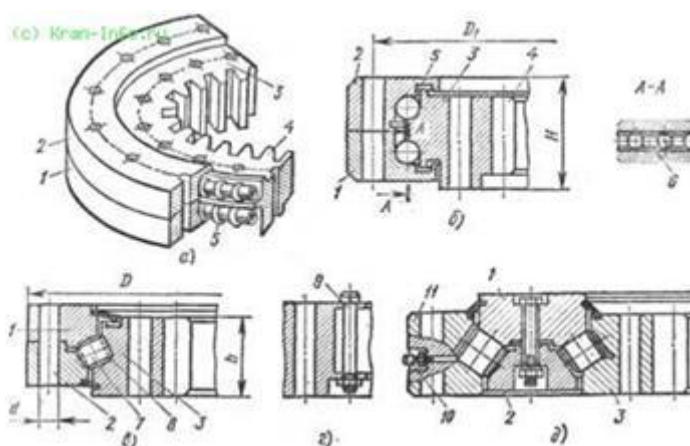
Наиболее совершенную конструкцию имеют решетчатые стрелы из труб, которые по сравнению с уголковыми более легки и прочны. Кроме того, из-за хорошей обтекаемости труб ветровые нагрузки на трубчатые конструкции значительно ниже. Все это позволяет уменьшить опрокидывающий момент, действующий на кран, и тем самым повысить устойчивость крана. Сейчас разработаны оптимальные конструкции 4, 9 решетчатых подъемных стрел, обеспечивающие их минимальную массу и невысокую стоимость изготовления.

Балочные стрелы устанавливаются горизонтально или под углом  $30^\circ$ , к горизонтали, что увеличивает высоту подъема



### 5.3 Опорно-поворотные устройства

Опорно-поворотные устройства (ОПУ) башенных кранов служат для соединения поворотной и неповоротной частей крана. Их конструкция обеспечивает вращение поворотной части крана при одновременной передаче вертикальных и горизонтальных нагрузок, а также опрокидывающего и крутящего моментов с поворотной части крана на неповоротную. *Различают четыре типа ОПУ: с шариковыми кругами, с роликовыми кругами, с разнесенными опорами типа «колокол» или «стакан».*



а — общий вид; б — сечение по шариковому кругу с зубчатым зацеплением; в — сечение по роликовому кругу; г — сечение по кругу с цевочным зацеплением; д — сечение по двухрядному роликовому кругу;  
1,2— разъемные кольца; 3 — внутреннее неподвижное кольцо;  
4 — зубчатый венец; 5 — шарик; 6 — сепараторная втулка;  
7, 8 — ролики; 9 — цевка; 10 — пресс-масленка.

Рисунок 18 - Опорно-поворотный круг

*ОПУ с шариковыми и роликовыми кругами (рисунок 18) обладает компактностью конструкции (так как имеет малую высоту и свободное внутреннее пространство), малой массой, большой надежностью и долговечностью, простотой обслуживания. Поэтому в настоящее время они наиболее распространены.*

ОПУ с роликовыми однорядными кругами эффективнее, так как при небольших габаритных размерах и массе они обладают во многих случаях большей несущей способностью, чем двухрядные шариковые круги.

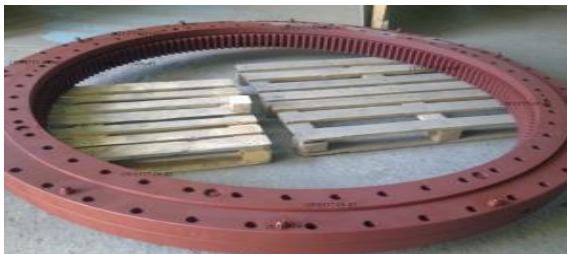
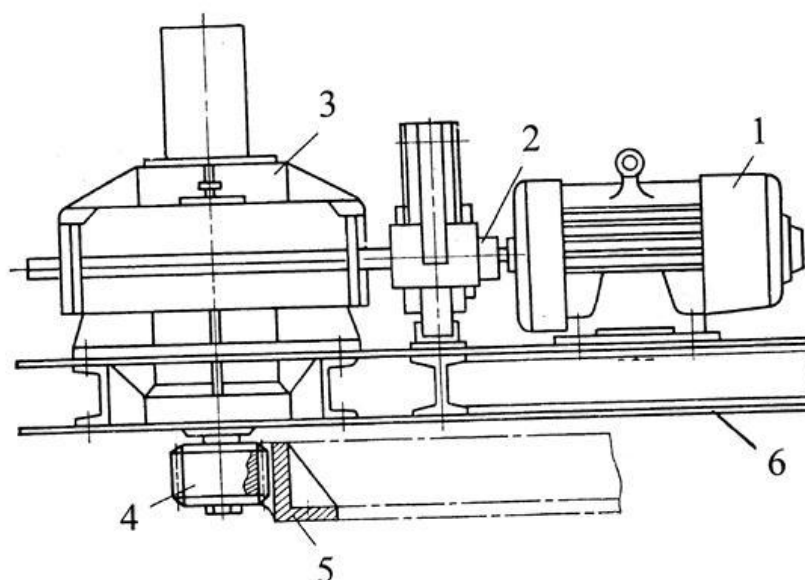


Рисунок 19 - Опорно-поворотное устройство для башенного крана

Типовой механизм поворота состоит из двигателя, передаточного механизма и ОПУ. По месту размещения различают два типа механизмов поворота: они могут быть смонтированы на поворотной либо на неповоротной части машины. Наиболее распространенной является установка механизма на поворотной платформе (рисунок 20).

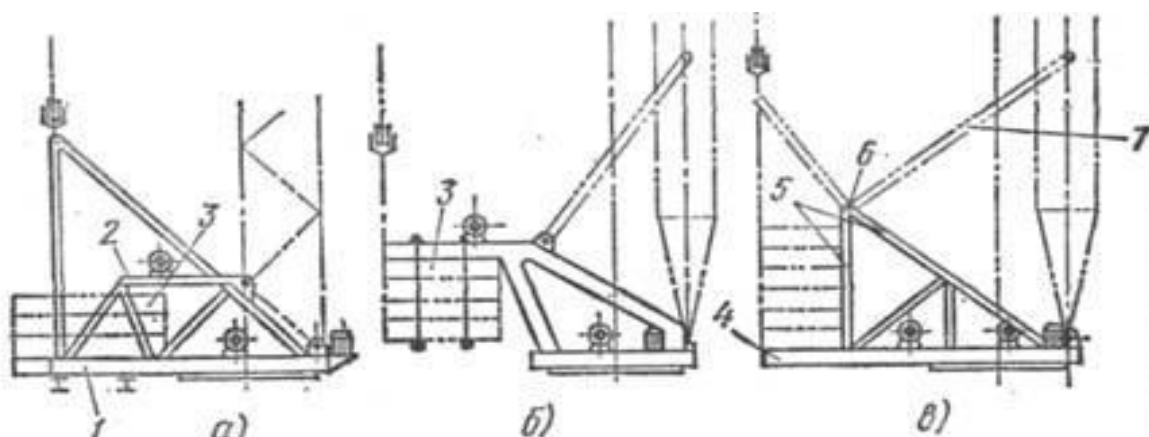


1- двигатель; 2 – тормозная муфта; 3 – червячный редуктор; 4- шестерня; 5- зубчатый венец колеса; 6- поворотная платформа.

Рисунок 20 - Схема механизма поворота стрелового крана

## 5.4 Поворотные платформы

Поворотные платформы применяют в кранах с поворотной башней и нижним расположением противовеса для размещения механизмов и плит противовеса, а также в качестве основания для установки башни и двуногой стойки. По конструкции поворотные платформы бывают двухъярусные, изогнутые и плоские. Двухъярусные поворотные платформы (рисунок 21, а) выполнены с двумя ярусами. На нижнем ярусе 1, как правило, размещается более тяжелая грузовая лебедка и плиты противовеса 3, а на верхнем ярусе 2 — стреловая лебедка. Эти платформы применяют на кранах, на которых по условиям компоновки нельзя разместить все механизмы на одной плоской раме. Изогнутые платформы (рисунок 21, б) позволяют разместить плиты противовеса 3 под платформой. При этом на верхней плоскости платформы освобождается место, которое может быть использовано для размещения механизмов. В связи с тем, что конструкция изогнутой платформы более трудоемка и сложна в изготовлении, эти платформы широкого применения не получили.



а — двухъярусная; б — изогнутая; в — плоская;

1,2 — нижний и верхний ярусы; 3 — плиты противовеса; 4 — плоская рама; 5 — двуногая стойка; 6 — поперечина; 7 — подкос.

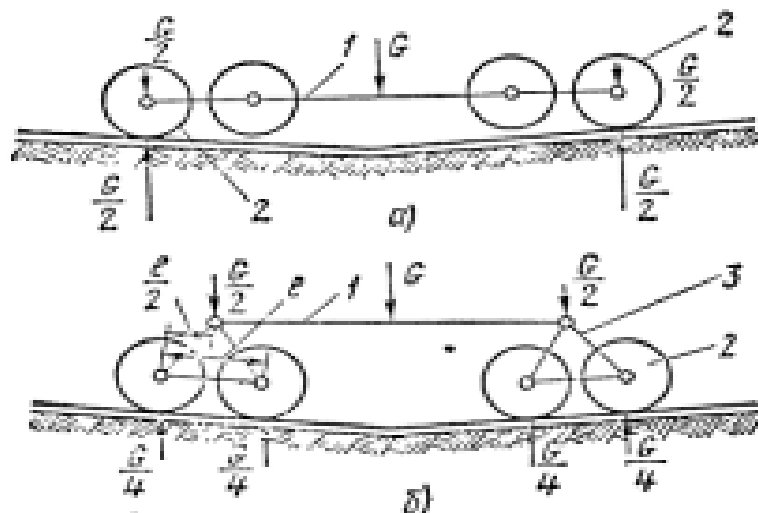
Рисунок 21 - Поворотные платформы

*Плоские поворотные платформы* (рисунок 21, в) наиболее широко распространены и, в частности, на кранах серии КБ (КБ-401, КБ-503). В этих платформах все механизмы и противовес располагают на одной плоской раме 4, что облегчает их обслуживание и ремонт. Эти платформы наиболее просты в изготовлении и эксплуатации. Размещение механизмов в одной плоскости позволяет также уменьшить транспортную высоту крана при перевозке.

Все конструкции *поворотных платформ* снизу имеют опорные поверхности для крепления опорно-поворотных устройств. Механизмы поворота размещаются в передней части платформы между поясами башни.

### **5.5 Механизмы передвижения**

Механизмы передвижения различных кранов существенно отличаются друг от друга; их компоновка во многом зависит от типа и характера ходового оборудования. *Ходовое оборудование бывает* автомобильное, пневмоколесное, гусеничное, шагающее и рельсовое. Передвижные башенные краны выпускаются на рельсовом и автомобильном ходу. Приставные краны не имеют механизма передвижения. Башенный кран на автомобильном ходу (например, АБКС-5) во время работы вывешивается на опорах и передвигаться не может. Как правило, башенные краны опираются на рельс четырьмя, восемью, двенадцатью, а тяжелые – 32 колесами. При наличии восьми или большего числа колес их объединяют в ходовые балансирные (рычажные) тележки для того, чтобы равномерно распределить нагрузку от крана на все колеса. При жестком креплении ходовых колес (рисунок 21, а) за счет допустимых продольных и поперечных уклонов путей и неодинаковой жесткости основания кранового пути и самих рельсов может произойти перегрузка отдельных колес. При объединении колес в балансирные тележки (рисунок 21, б,в) нагрузка воспринимается всеми колесами. Для равномерного распределения нагрузки соотношение плеч рычагов-балансиров выбирают: для двухколесной тележки 1:2, для трехколесной 1:3 и т.п..

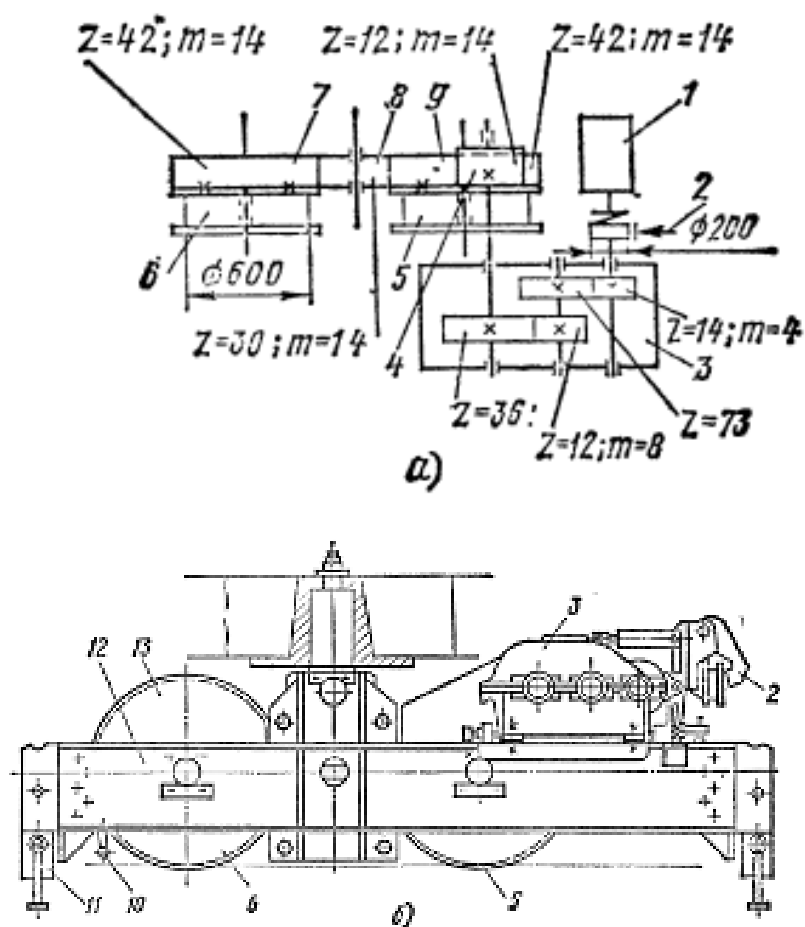


а – жесткое крепление; б – балансирное крепление при двухколесных тележках; 1 – ходовая рама; 2 – ходовые колеса; 3 – балансиры;  $G$  – нагрузка от массы крана на ходовую часть;  $l$  – расстояние между осями колес.

Рисунок 22 - Схемы ходовой части рельсовых кранов

Расположение приводных (ведущих) ходовых колес и тележек бывает двустороннее – на разных рельсах и одностороннее – на одном рельсе. При расположении ведущих колес на разных рельсах кран движется более ровно, без перекосов. Это позволяет снизить скорость и мощность механизма передвижения при проходе по кривым, повысить плавность движения крана и уменьшить износ реборд. Механизм передвижения кранов типа БКСМ и кранов-погрузчиков КП-8 выполнен в виде двух ведомых (без привода) и двух ведущих (приводных) ходовых тележек (рисунок 23, а,б). Электродвигатель 1 передает крутящий момент через муфту на ведущий вал зубчатого редуктора 3. На выходном валу редуктора шестерня 4, находящаяся в зацеплении с зубчатым венцом 9 одного из ходовых колес 5. Вращение на венец второго ходового колеса передается через промежуточную шестерню 8. На торцах рамы тележки размещены рельсовые откидные захваты 11, служащие как противоугольное устройство при действии ветровых нагрузок на кран в нерабочем состоянии. Они представляют собой пару губок, При перерывах в

работе губки опускают вниз (рисунок 23) и с помощью рукояти и стяжного винта притягиваются друг к другу. При этом нижние концы губок, имеющие пазы, прочно обжимают головку рельса, препятствуя угону крана ветром. На одной из тележек крана закреплен конечный выключатель 10 ограничителя передвижения. При наезде на путевую линейку рычаг выключателя поворачивается и размыкает цепь питания привода тележки.

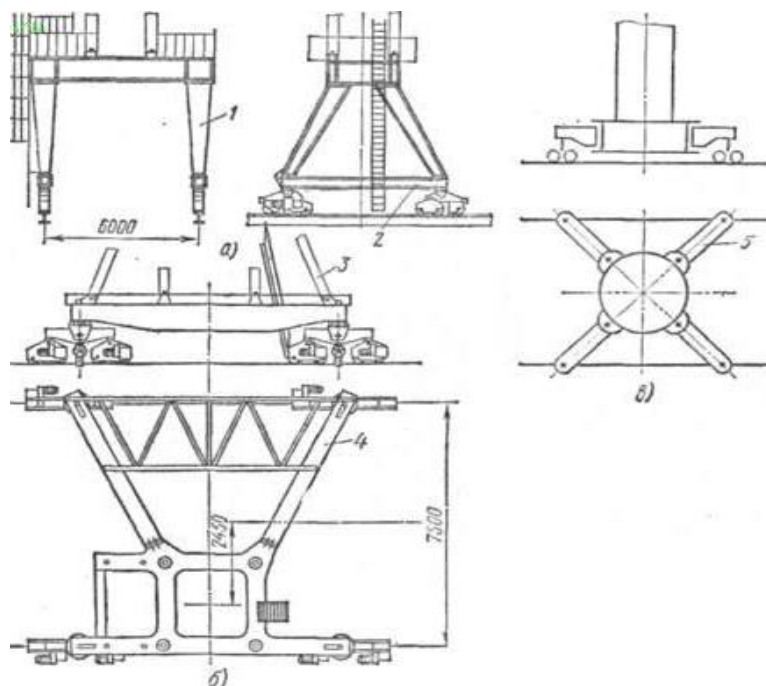


а – кинематическая схема; б – общий вид; 1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – редуктор; 4 – ведущая шестерня открытой передачи; 5,6 – колеса; 7,9 – зубчатые венцы колес; 8 – промежуточная (паразитная) шестерня; 10 – рычаг конечного выключателя; 11 – рельсовый откидной захват; 12 – рама; 13 – кожух колеса.

Рисунок 23 - Ведущая ходовая тележка кранов типа БКСМ и крана-погрузчика КП-8

## 5.6 Ходовая рама

Ходовые рамы башенных кранов воспринимают действующие на кран нагрузки и передают их непосредственно на крановые пути. Конструкция ходовых рам зависит от типа крана (с неповоротной и поворотной башней) и определяется типом ходового устройства (рельсового, пневмоколесного, гусеничного и т. п.).



а — П-образный портал; б — плоская рама; в — рама с флюгерами;  
1 — стойка; 2 — балка; 3 — подкос; 4 — съемная балка; 5 — флюгер.

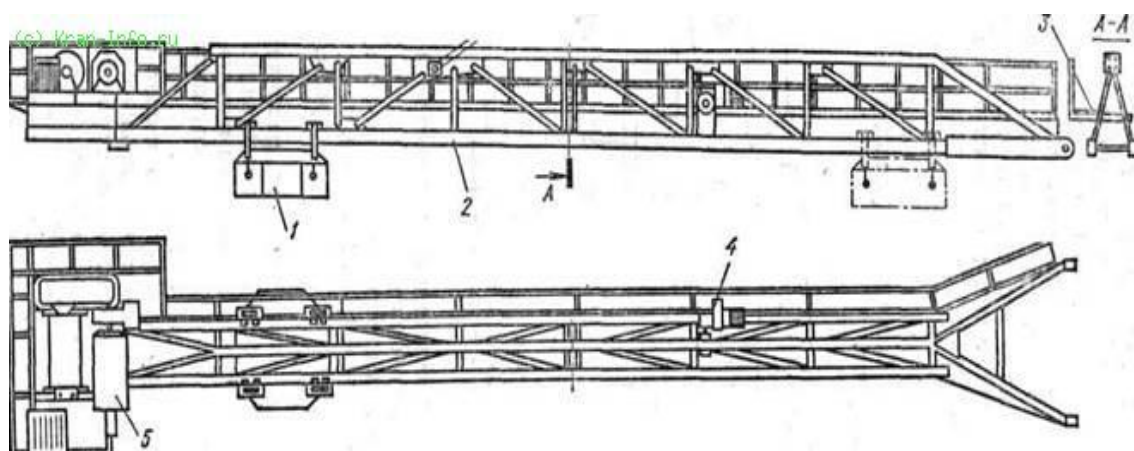
Рисунок 24 -Ходовые рамы кранов с неповоротной башней

*Ходовые рамы кранов с неповоротной башней (рисунок 24) выполняют в большинстве случаев на рельсовом ходовом устройстве. Рамы этих кранов изготавливают в виде открытого П-образного портала (кран КБ-572), в виде плоской с подкосами (КБ-674, КБ-676) или рамы с поворотными балками-флюгерами (КБ-271). Плоские ходовые рамы наиболее простые из всех ходовых рам кранов с неповоротной башней. Их выполняют с центральным или с асимметричным (смещенным) расположением башни. На рисунке 24, б приведена схема плоской рамы кранов КБ-674 и КБ-676 со смещением башни от оси кранового пути на 2,45 м в сторону здания. Ходовая рама представляет*

собой сборно-разборную конструкцию (на болтах), создающую жесткий опорный контур.

### 5.7 Противовесные консоли и распорки

Распорки 5 и противовесные консоли 19 (см. рисунок 1) предназначены для снижения изгибающих нагрузок на башню, вызываемых приложением к крану грузового момента. Конструкция распорки. *Распорка* – это плоская конструкция А-образной формы, расширяющаяся к башне и соединенная с ней шарнирно. Узкий конец распорки связан с верхом оголовка канатом-оттяжкой. На этом же конце распорки на общей оси крепятся блоки каната стрелового расчала. В зависимости от конструкции кранов их башни могут при действии веса груза работать на изгиб и сжатие или только на сжатие. Противовесные консоли применяются на кранах с неповоротной башней, на них размещают плиты противовеса, грузовую, а при необходимости и стреловую лебедки. Массу и плечо действия противовеса выбирают таким образом, чтобы снизить до минимума суммарный момент. *Противовесная консоль* выполняется в виде плоской рамы (для кранов с грузовым моментом до 100 т-м) или фермы. Консоли, выполненные в виде фермы, например, консоль крана КБ-674 (рисунок 25), по конструкции аналогичны стрелам.



1 — подвижной противовес; 2 — консоль; 3 — настил для прохода; 4 — лебедка передвижения противовеса; 5 — грузовая лебедка.

Рисунок 25 - Противовесная консоль крана КБ-674

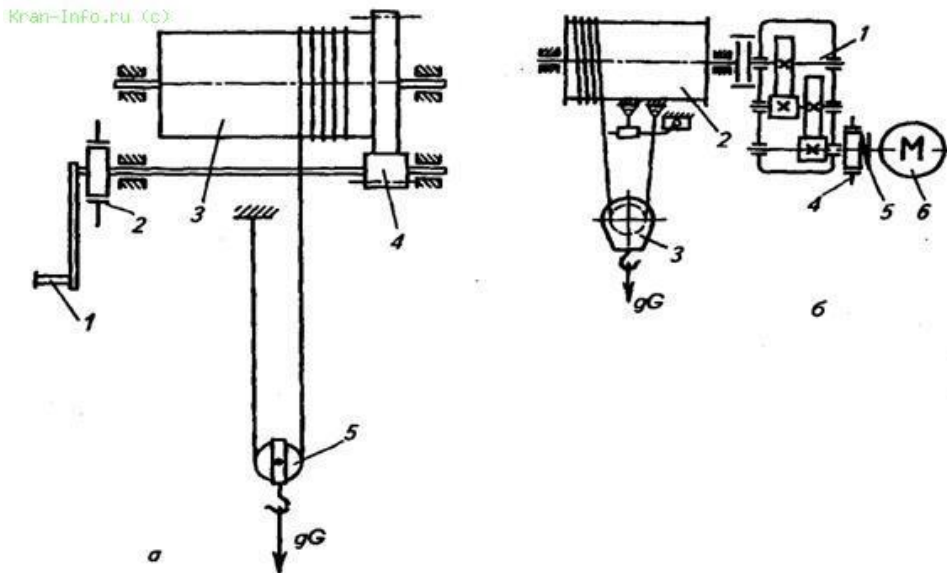


Вдоль консоли 2 выполняется настил 3 для прохода монтажников и обслуживающего персонала. Для консолей небольших размеров настил выполняется сбоку консоли, а при значительных размерах консолей настил выполняется внутри фермы. Противовес 1 у крана КБ-674 подвешен на тележках, перемещаемых с помощью лебедки 4. При работе противовес размещается на конце консоли. При наращивании башни для исключения передачи на нее изгибающих моментов противовес передвигается к башне. *Распорки* применяются на кранах с поворотной башней (КБ-401, КБ-503). Они предназначены для отвода стреловых канатов от башни, что уменьшает момент от груза, передающийся на башню крана. Типовая конструкция распорки имеет А-образную форму, расширяющуюся к башне, с которой распорка соединена шарнирно. Узкий конец распорки связан с верхом оголовка канатом-оттяжкой. В зависимости от схем запасовки стреловых канатов на этой же оси часто крепятся также отводные блоки канатов стрелового полиспаста или тяги стрелового расчала.

## 5.8 Механизмы подъема груза

Непременным и наиболее ответственным элементом любой ГПМ является механизм подъема. В зависимости от грузоподъемности и условий эксплуатации применяют механизмы подъема с ручным (рисунок 26 а) или машинным (рисунок 26 б) приводом. Машинный привод может быть индивидуальным (каждый механизм ПТМ имеет собственный двигатель) либо групповым (все механизмы ПТМ приводятся в действие от одного двигателя).

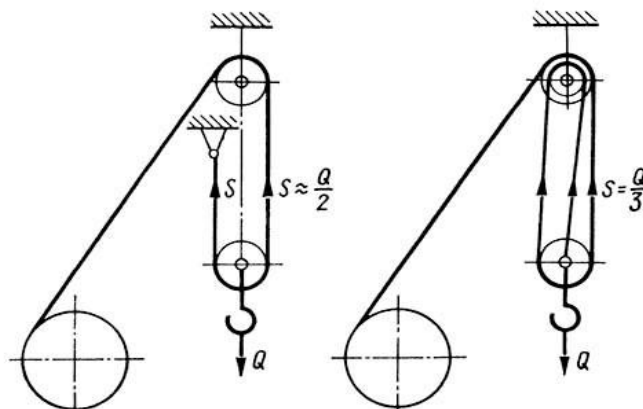
**Полиспастом** (рисунок 27) называют систему подвижных и неподвижных блоков, соединенных гибкой связью (канатом или цепью). Полиспаст предназначен для изменения усилия в ветвях каната (выигрыш в силе, рисунок 28 а) или скорости подъема груза (выигрыш в скорости). Полиспасты, предназначенные для выигрыша в силе называют *полиспастами прямого действия (силовыми)*. Их применяют в кранах для подъема груза или изменения угла наклона стрелы.



а – с ручным приводом; 1 – рукоятка; 2 – тормоз; 3 – барабан; 4 – зубчатая передача; 5 – крюковая подвеска; б – с электроприводом; 1 – редуктор; 2 – барабан; 3 – крюковая подвеска; 4 – тормоз; 5 – муфта; 6 – электродвигатель.

Рисунок 26 - Схемы механизмов подъема крюковой подвески

Полиспасты, предназначенные для выигрыша в скорости и пути движущегося органа, называют *полиспастами обратного действия* (скоростными). Их, как правило, применяют в конструкциях кранов с гидравлическим приводом (телескопические), изготовляемых на базе тракторов, автомобилей, специальных шасси, а также в автопогрузчиках.

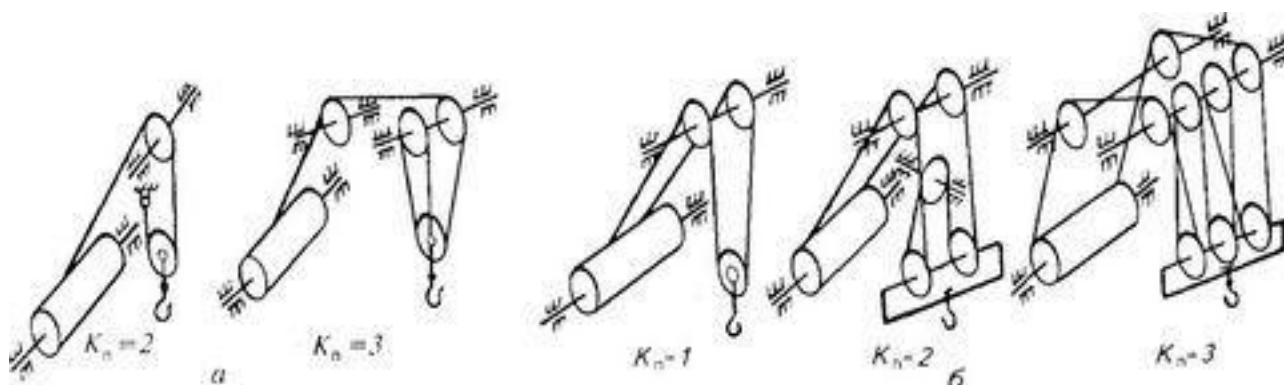


а)

б)

а - одинарный двукратный полиспаст; б- одинарный трехкратный полиспаст.

Рисунок 27 - Схемы полиспастов механизма подъема груза



а — для выигрыша в силе одинарные; б — для выигрыша в силе сдвоенные.

Рисунок 28 - Схемы полиспастов

Основной характеристикой полиспаста является кратность. Для силового полиспаста это отношение числа грузовых ветвей (на которых висит груз) к числу приводных ветвей, которые наматываются на барабан:

$$K_n = \frac{n_{гр}}{n_{пр}} \quad (1)$$

где  $n_{гр}$  — число грузовых ветвей;

$n_{пр}$  — число приводных ветвей.

Для скоростных полиспастов, наоборот:

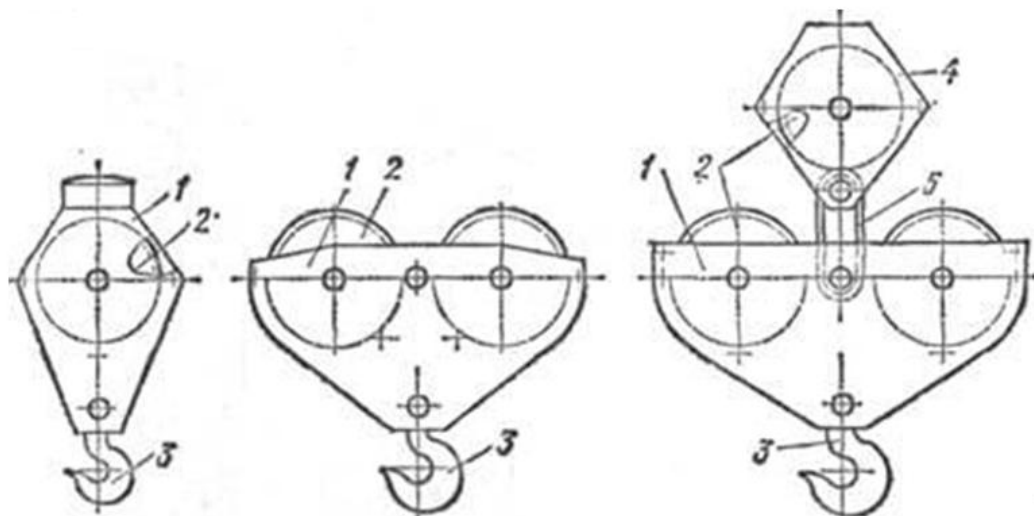
$$K_n = \frac{n_{пр}}{n_{гр}} \quad (2)$$

где  $n_{пр}$  — число приводных ветвей;

$n_{гр}$  — число грузовых ветвей.

На современных строительных, монтажных, башенных, мостовых и козловых кранах обычно применяют полиспасты с кратностью  $K_n = 2 \dots 8$ .

*Крюковые подвески* — это грузозахватные органы крана. Они служат для подвешивания груза к грузовому канату. Подвески бывают одно-, двух- и



трехосные (рисунок 30, а, б, в) по количеству осей, на которых находятся канатные блоки.

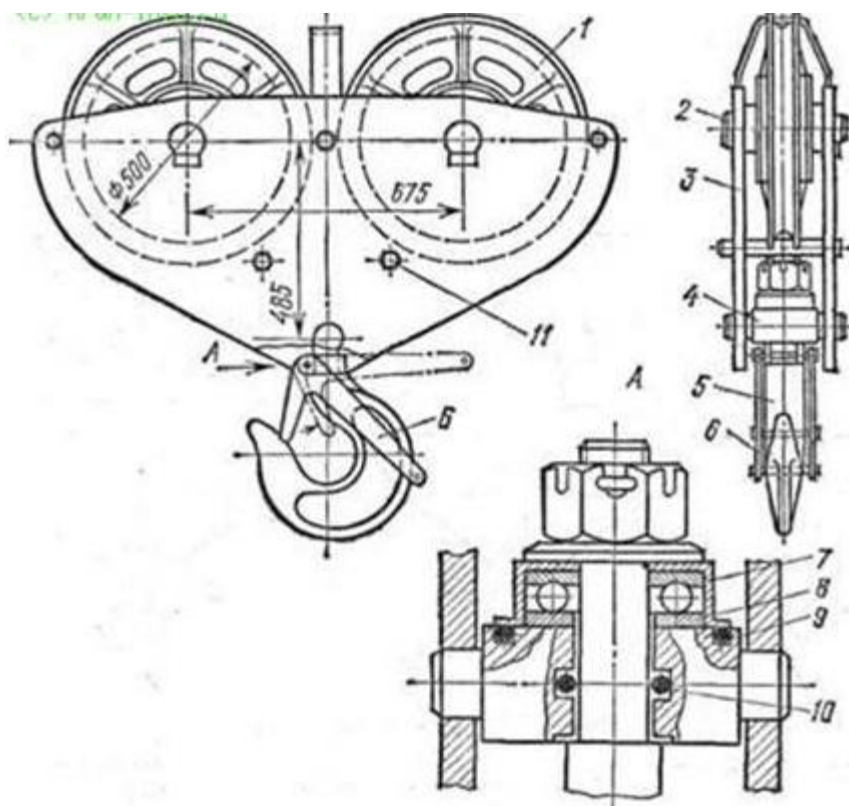
а — одноосная; б — двухосная; в — трехосная;

1 — щеки; 2 — блоки; 3 — крюк; 4 — обойма; 5 — серьга.

Рисунок 29 - Крюковые подвески

*Крюковые подвески* состоят из двух щек 1 литых или из листового металла, между которыми на осях вращаются один или несколько блоков 2. В нижней части закреплен грузовой крюк 3. Одно- и двухосные подвески применяются на кранах с двухниточной запасовкой грузового каната. Для большей грузоподъемности при четырехниточной запасовке устанавливают трехосные подвески. Последние позволяют менять кратность запасовки каната в зависимости от массы поднимаемого груза. При работе с легкими грузами серьгу 5 отсоединяют от щек 1 и обойма 4 выключается из работы. Она поднимается вверх и удерживается на головке стрелы грузовым канатом за счет массы крюковой подвески, которая работает в этом случае аналогично двухосной. После соединения обоймы со щеками подвески в работе участвует четыре нитки каната. *Массу крюковых подвесок* подбирают так, чтобы

обеспечить их опускание без груза на крюке. Подвеска должна своим весом дотягивать грузовой канат, сматываемый с барабана лебедки, этой целью на щеки подвесок иногда навешивают дополнительные грузы.

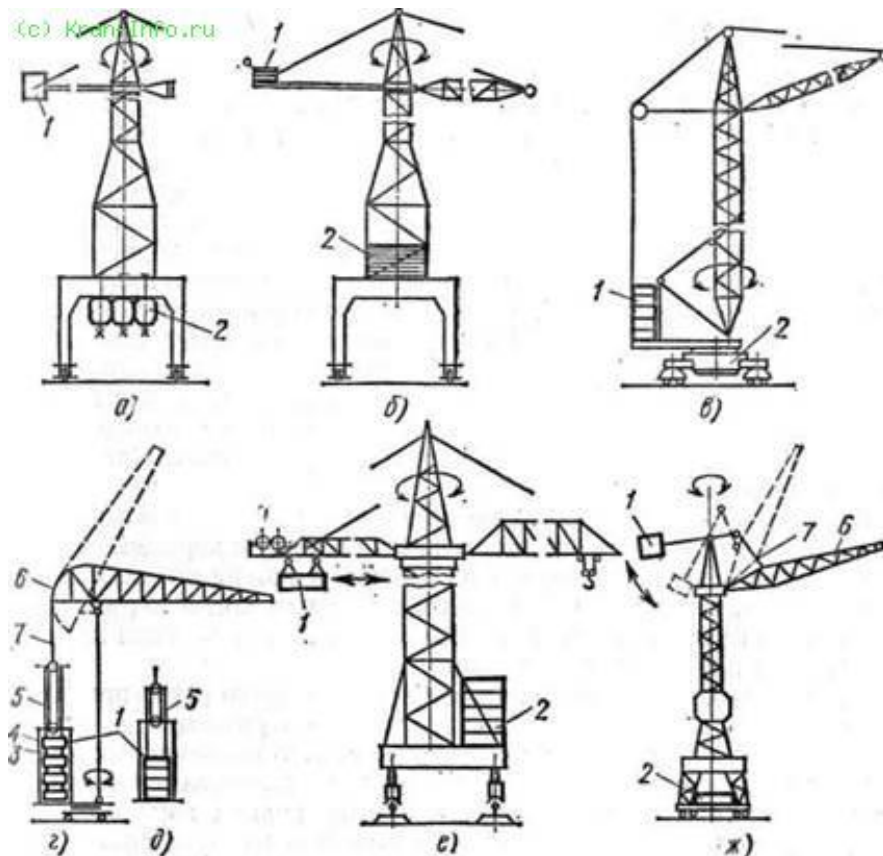


1 — блок; 2 — ось; 3 — щека; 4 — траверса; 5 — крюк; 6 — замок; 7 — крышка; 8 — упорный шарикоподшипник; 9, 10 —сальники; 11 —стяжной болт.

Рисунок 30 - Крюковая подвеска крана КБ-574.2

### 5.9 Балласт и противовес

*Дополнительные грузы*, закрепляемые на кране для повышения его устойчивости против опрокидывания, называются в зависимости от назначения балластом или противовесом.



а, б, е, ж — с неповоротной башней; в, г — с поворотной башней; д — положение противовеса при поднятой стреле;

1 — противовес; 2 — балласт; 3 — цепь; 4 — направляющие; 5 — канат подвески противовеса; 6 — стрела; 7 — тяга.

Рисунок 31 - Схемы размещения балласта и противовеса на кранах

Груз 1 (рисунок 31, а, б, е, ж), подвешенный на противовесной консоли кранов с неповоротной башней или уложенный на поворотной платформе кранов с поворотной башней (рисунок 31, в, г) для уравнивания крана или его отдельных частей во время работы, называются *противовесом*. Дополнительный груз 2, установленный на ходовую раму (рисунок 31, в, е, ж) или портал (рисунок 31, а, б) для устойчивости крана в нерабочем состоянии, называется *балластом*. Правильное сочетание противовеса и балласта позволяет обеспечить устойчивость крана при минимальной общей массе его. Для этого противовес стараются отнести на большее расстояние от оси

вращения крана или оголовка. Так, на кранах с неповоротной башней противовес располагают на конце консоли, закрепленной на поворотном оголовке (рисунок 31, а, б), а у кранов с поворотной башней - на конце поворотной платформы (рисунок 31, в).

Применение значительного по массе или слишком удаленного от оси вращения противовеса может привести наряду с хорошей грузовой устойчивостью крана (с грузом на крюке) к потере его собственной устойчивости, т. е. без груза. В таких случаях на ходовую раму крана укладывают балласт, который повышает устойчивость крана, как в рабочем, так и в нерабочем состоянии. В современных кранах в качестве дополнительных грузов применяют железобетонные блоки.

## **6 Основные параметры башенных кранов**

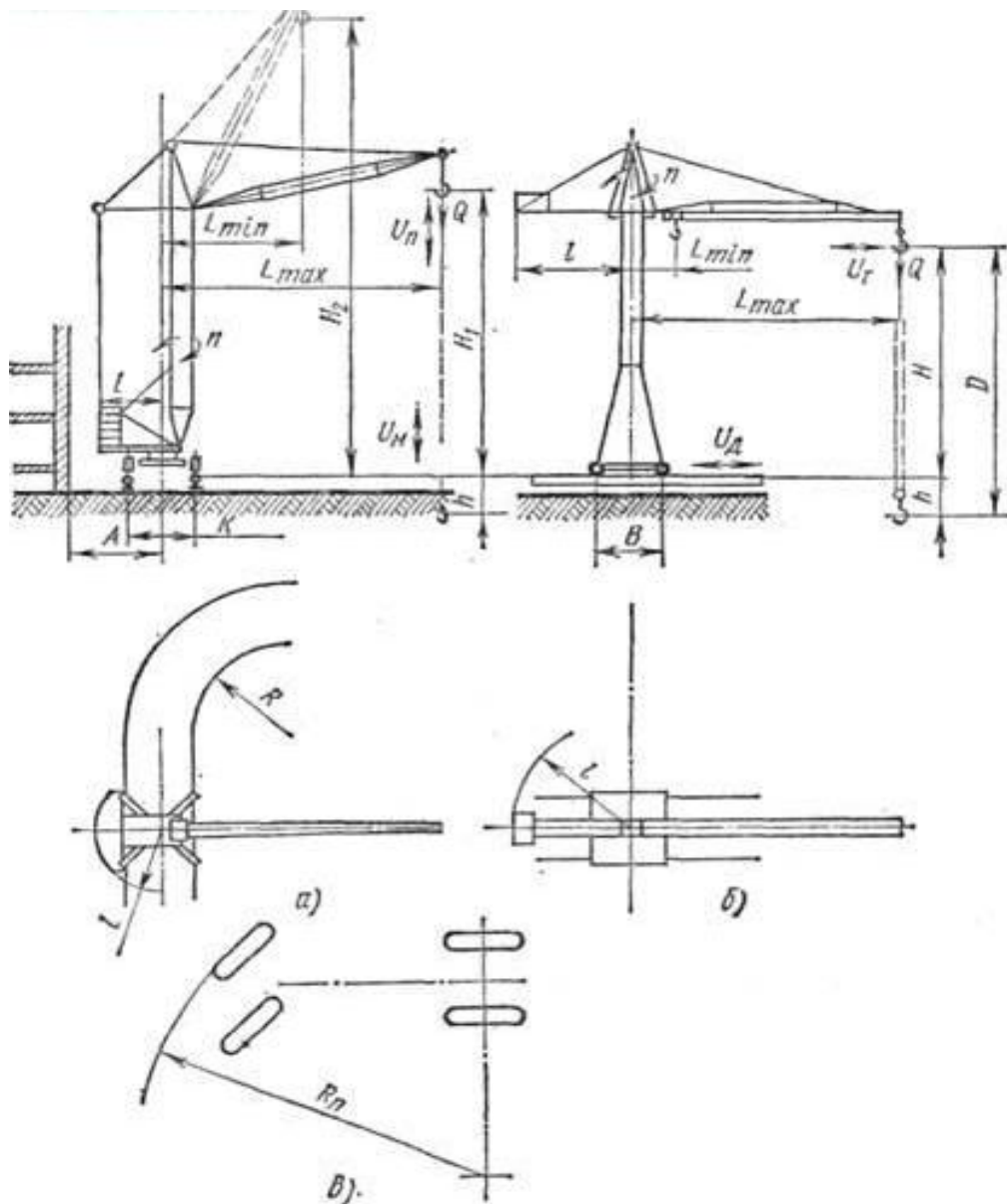
*Размеры и грузоподъемные свойства башенных кранов определяются рядом характеристик, называемых параметрами. К основным параметрам (ГОСТ 13556-91) относятся:* грузовой момент, грузоподъемность, вылет, высота подъема, глубина опускания, колея, база, задний габарит, скорости рабочих движений крана, радиус закругления, конструктивная и общая массы крана, нагрузка на колесо.

**Грузовой момент  $M$ , т·м** - представляет собой произведение грузоподъемности на соответствующий вылет. Поскольку грузовой момент учитывает два основных параметра, его часто используют в качестве главного обобщенного параметра крана. У многих башенных кранов грузовой момент на различных вылетах принимается постоянным. Поэтому при уменьшении вылета в два раза удастся повысить грузоподъемность также в два раза при сохранении постоянного грузового момента.

**Грузоподъемность крана  $G$ , т** - характеризуется наибольшей допустимой массой рабочего груза, на подъем которого рассчитан кран. В величину грузоподъемности включается также масса съемных грузозахватных

органов (грейфера, траверс, строп), за исключением массы крюковой подвески. Поскольку башенные краны выполняются с переменным вылетом, грузоподъемность крана (исходя из условий прочности конструкции и устойчивости крана) устанавливается в зависимости от вылета.

**Вылет  $L, m$**  - это расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси грузозахватного органа (крюковой подвески) без груза при установке крана на горизонтальной площадке (рисунок 32 а, б).



а — с поворотной башней и подъемной стрелой; б — с неповоротной башней и балочной стрелой; в — на пневмоколесном ходу.

Рисунок 32 - Основные параметры кранов



У крана с подъемной стрелой (см. рисунок 32, а) вылет регулируется изменением угла наклона стрелы. При оборудовании крана балочной стрелой (см. рисунок 32, б) вылет изменяют перемещением грузовой тележки вдоль стрелы. Изменение вылета называется маневровым, если оно осуществляется с грузом на крюке, и установочным, если без груза.

**Высота подъема  $H$ , м** — это расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем рабочем положении. При наличии подъемной стрелы высота подъема устанавливается в зависимости от вылета. В характеристике этих кранов указывается либо высота подъема для двух крайних вылетов: максимального  $H_1$  и минимального  $H_2$ , либо приводится в виде графика в зависимости от вылета.

**Глубина опускания  $h$ , м** — расстояние по вертикали от уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в нижнем рабочем положении.

**Диапазон подъема  $D$ , м** - расстояние по вертикали между верхним и нижним рабочими положениями грузозахватного органа.

**Колея  $K$ , м** — это расстояние между продольными осями, проходящими через середину опорных поверхностей ходового устройства грузоподъемного крана (грузовой тележки). Колея измеряется по осям рельсов (для рельсовых кранов) или колес ходовой части (для пневмоколесных, автомобильных и гусеничных кранов).

**База  $B$**  — это расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (или балансирных ходовых тележек) крана.

**Скоростью подъема (опускания) груза  $V_n$ , м/с** - называется скорость вертикального перемещения рабочего груза. При наличии многоскоростных лебедок в характеристике крана указывается скорость подъема при каждой из возможных скоростей лебедок.

**Скоростью посадки  $V_{min}$ , м/с** - называется наименьшая скорость плавной посадки рабочего груза при его монтаже или укладке.

**Частотой вращения  $\Pi$ , об/мин** - называется частота вращения поворотной части крана. Частота вращения определяется при максимальном вылете с рабочим грузом на крюке и измеряется числом оборотов в минуту.

**Скоростью передвижения крана  $V_k$ , м/с** - называется рабочая скорость передвижения крана по горизонтальному пути с рабочим грузом.

**Скоростью передвижения тележки  $V_t$ , м/с** - называется скорость передвижения грузовой тележки по горизонтальному пути с наибольшим рабочим грузом.

**Скоростью изменения вылета  $V_l$ , м/с** - у кранов с подъемной стрелой называется средняя скорость горизонтального перемещения рабочего груза при изменении вылета от наибольшего до наименьшего.

Установленной мощностью называют суммарную мощность электродвигателей всех рабочих механизмов, установленных на кране.

**Конструктивной массой, т** - называется масса крана без балласта и противовеса в незаправленном состоянии, т. е. без топлива, масла, смазочных материалов и воды.

*Общей массой* называется полная масса крана с балластом, противовесом в заправленном состоянии. *Нагрузка на колесо* — это наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо от общей массы крана и рабочего груза. *Производительность крана* представляет собой выработку крана за единицу времени: за час, смену, либо числом циклов за смену (цикл/смена). При этом *под циклом* понимается комплекс операций, выполняемых краном от начала подъема одного груза до начала подъема следующего.

## **7 Рекомендации по выбору башенного крана**

Прежде всего, выбор крана зависит от условий строительства. Для высотного строительства применяют специально разработанные башенные краны свободно стоящие или на анкерном основании с устройством самонаращивания башни крана и возможностью крепления башни к

строящемуся зданию. Конечно, в этом случае, можно применять только башенные краны с верхним поворотом, т. е. с неповоротной башней. Башенные краны с маховой стрелой (без грузовой каретки) обычно очень дороги, оснащены более короткой стрелой и применяются редко. Безопасность и специфика использования башенных кранов диктуют необходимость использовать новые либо почти новые (2-5 лет) башенные краны, которые получают техническую поддержку производителя. Максимальный срок службы секции башенного крана в зависимости от марки стали составляет 10-18 лет.

*Конструктивные решения* – этот компонент определяет важнейшие характеристики крана и его возможности. От того, насколько конструкция крана проработана, зависят качество, удобство, безопасность использования. Все это в сумме определяет скорость строительства и его экономику. Уровень применяемых технологий – это использование в конструкции последних достижений науки, т. е. не просто высокое качество, но и экономичность в эксплуатации и обслуживании (высокий к.п.д., эргономика, простое обслуживание и т.п.). *Стоимость транспортировки и монтажа* – компонент, весьма важный для экономии средств. Стоимость эксплуатации и обслуживания складывается из энергопотребления, числа наименований и объема расходных комплектующих, периодичности обслуживания, количества мест обслуживания, затрат времени на обслуживание.

## 7.1 Выбор башенного крана

При выборе крана следует учитывать:

- а) грузовой момент  $M$ , т·м;
- б) высота подъема крюка  $H_{кр}$  должна быть не более величины соответствующего параметра крана  $H_{кр}$ ;
- в) вылет крюка  $L_{кр}$  должен соответствовать грузовой характеристике крана. Если одна из расчетных характеристик  $L_{кр}$  соответствует параметрам крана, т.е.  $L_{min} - L_{max}$ , возможность использования крана устанавливается без

затруднений. В том случае, если величина  $L_{кр}$  не находится в интервале соответственно  $L_{min} - L_{max}$ , следует построить грузовую характеристику крана и по ней определить возможность применения данного крана.

Грузовая характеристика крана представляет собой графическую зависимость грузоподъемности  $Q$  от вылета крюка  $L$  (иногда на грузовой характеристике показывают и зависимость  $L - H$ ) в соответствующих координатах. Для крана с подъемной стрелой она имеет вид дуги, начальная и конечная точки которой находят по координатам  $Q_{max} - L_{min}$  и  $Q_{min} - L_{max}$ .

Промежуточные точки могут быть определены из величины грузового момента  $M = Q * L = const$  [ $тс*м, Н*м$ ].

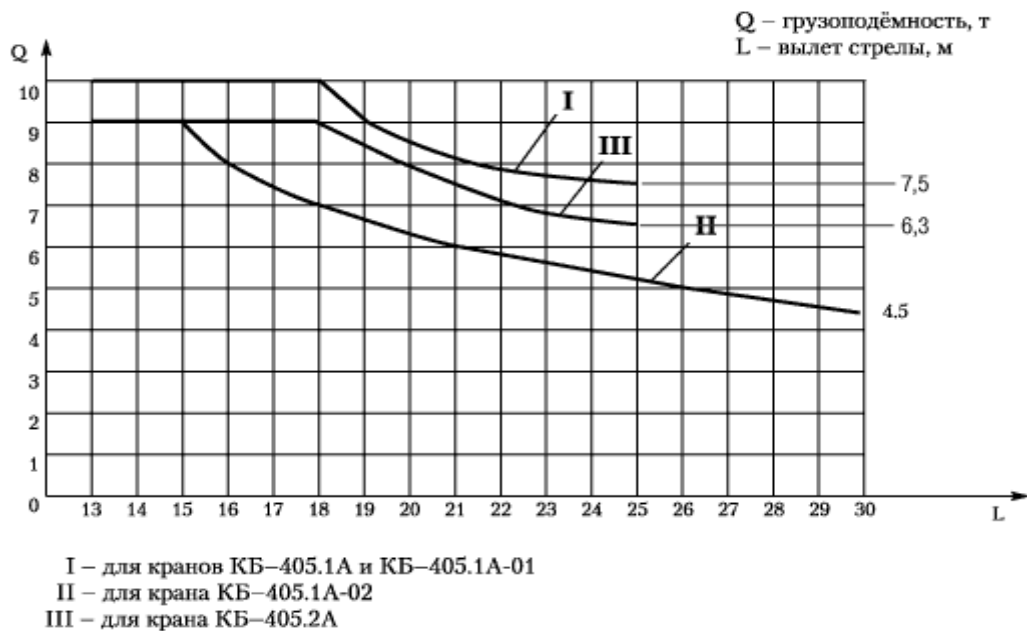


Рисунок 33 – Грузовая характеристика

Для крана с балочной стрелой КБ-474 грузовая характеристика (рисунок 36) имеет сначала вид прямой (грузоподъемность постоянна и равна 8 т при вылете до 16.5 м), а затем изогнутой линии когда грузоподъемность плавно снижается от  $Q=8$  т до  $Q=1.2$  т при  $L_{max}=55$  м

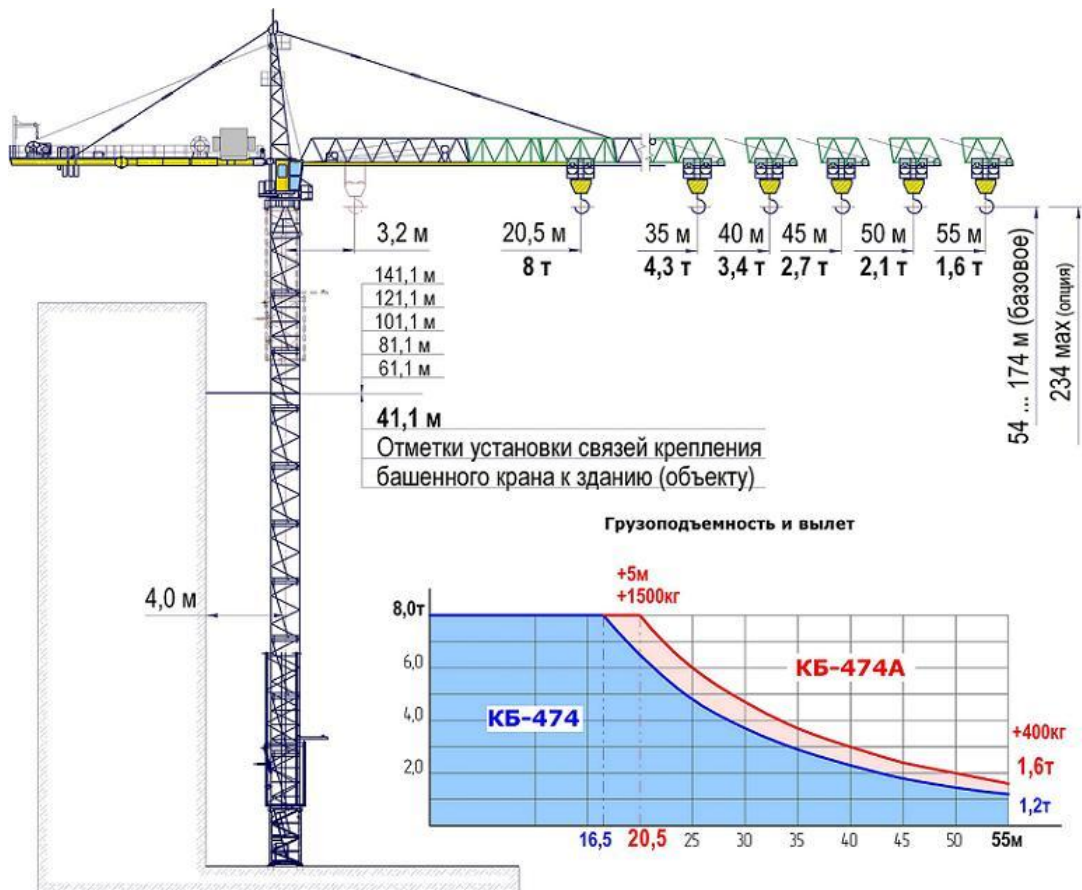


Рисунок 34 – Грузовая характеристика башенного крана с балочной стрелой

## 7.2 Определение расчетных характеристик башенного крана

### 7.2.1 Требуемая высота подъема крюка

$$H_{кр} = h_0 + h_1 + h_2 + h_3 \text{ м} \quad (3)$$

где  $h_0$ - высота монтажа или подачи груза;

$h_f$ -высота монтируемого элемента;

$h_3$ - расстояние от отметки монтажа до низа груза;

$h_G$ - высота грузозахватных устройств.

Вылет крюка определяется в зависимости от ширины сооружения и расстояния от крана до сооружения.

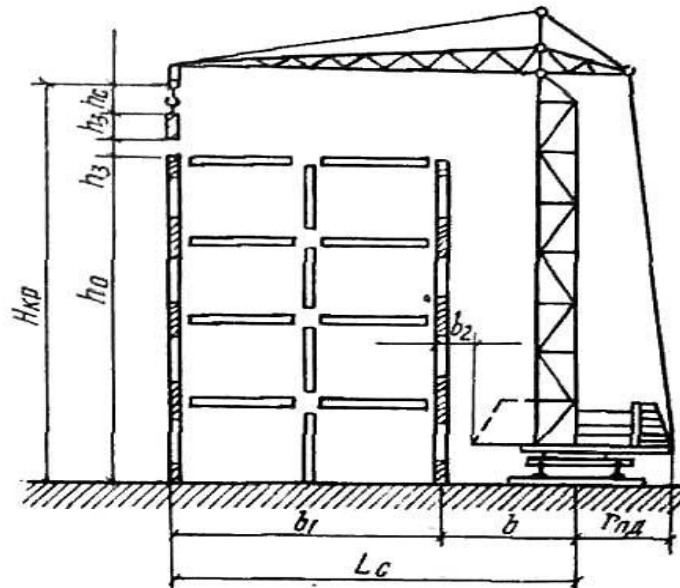


Рисунок 35 – Схема для определения требуемых параметров башенного крана

### 7.2.2 Требуемый вылет крюка крана

при возведении сооружения выше отметки стояния крана

$$L_{кр} = b + b_1 \text{ м} \quad (4)$$

где  $b$  - расстояние от оси вращения крана до сооружения;

$b_1$  - ширина надземной части сооружения.

## 8 Расчет производительности башенного крана

При выполнении монтажных работ в качестве грузоподъемных механизмов, как правило, используются краны, часовая производительность которых определяется формулой

$$П_k = 60 Q_k K_r K_v / T_{ц},$$

где  $Q$  – грузоподъемность крана, т;

$K_r, K_v$  – коэффициенты использования крана по грузоподъемности и

времени соответственно;

$T_{\text{ц}}$  – время, затрачиваемое на один цикл работы, мин.

Анализируя формулу, можно определить пути повышения производительности кранов:

- повышение  $K_{\text{Г}}$  путем увеличения массы поднимаемых конструкций за счет укрупнения и группового подъема элементов;

- повышение  $K_{\text{в}}$  за счет снижения потерь времени на технологические перерывы, улучшения организации труда и трудовой дисциплины;

- снижение  $T_{\text{ц}}$  за счет сокращения доли ручного труда, повышения квалификации машиниста и рабочих, использования монтажных средств.

Коэффициент использования крана по грузоподъемности

$$K_{\text{Г}} = q_i / Q_{li},$$

где  $q_i$  – масса монтируемых элементов, т;

$Q_{li}$  - грузоподъемность крана при вылете стрелы  $l$ , т.

Продолжительность монтажного цикла

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{стр}} + t_{\text{под}} + t_{\text{уст}} + t_{\text{выв}} + t_{\text{зак}} + t_{\text{оп}},$$

где  $t_{\text{стр}}$  – время строповки сборного элемента, мин;

$t_{\text{под}}$  – время подъема на монтажный горизонт, мин;

$$t_{\text{под}} = H / V_{\text{ср}},$$

где  $H$  – высота подъема груза, м;

$V_{\text{ср}}$  – средняя скорость подъема груза, м/с;

$t_{\text{уст}}$  – время установки, мин;

$t_{\text{выв}}$  – время выверки, мин;

$t_{\text{зак}}$  – время закрепления, мин;

$t_{\text{оп}}$  – время операции (время перемещения крюка с монтажного горизонта до места складирования конструкции).

Эксплуатационная часовая производительность башенного крана

определяется по формуле

$$P_{\text{чэ}} = \frac{60 * q}{t_{\text{ц}}} * K_{\text{в}} [\text{т/ч}] \quad (8)$$

где  $q$  - масса груза, т

$t_{\text{ц}}$  - длительность рабочего цикла, мин.;

$K_{\text{в}}$  - коэффициент использования рабочего времени

Длительность рабочего цикла:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{м}} + t_{\text{р}} \text{ [мин]} \quad (9)$$

где  $t_{\text{м}}$  - продолжительность машинной составляющей цикла, мин.;

$t_{\text{р}}$  - продолжительность вспомогательных ручных операций, мин,  
(приложение В);

$$t_{\text{м}} = \frac{2,5H}{V_{\text{п}}} + 2 \frac{l_{\text{т}}}{V_{\text{т}}} + \frac{l_{\text{д}}}{V_{\text{д}}} + \frac{n1}{n} * K_{\text{сов}} [\text{мин}] \quad (10)$$

где 2,5 - коэффициент, учитывающий подъем и опускание груза на высоту  $H$ , а также уменьшение скорости его перемещения в начале подъема и при посадке; при возведении сооружения в котловане его величина принимается = 1,2;

$H$  - высота подъема (опускания) груза, м;

$V_{\text{п}}$  - скорость подъема (опускания) груза, м/мин (прил.);

$l_{\text{т}}$  - длина перемещения грузовой тележки или проекции головного блока стрелы при изменении вылета (прил.);

$V_{\text{т}}$  - скорость изменения вылета, м/ мин, (прил.);

$l_{\text{д}}$  - длина перемещения крана, м (прил.);

$V_{\text{д}}$  - скорость перемещения крана, м/мин (прил.);



$n_1$  - количество оборотов крана за цикл (прил.);

$n$  - частота вращения крана, об/мин, (прил.);

$K_{сов}$  - коэффициент, учитывающий совмещение операций (подъема или опускания груза, поворота крана, его передвижения) при работе крана (обычно равен 0,7).

## **9 Монтаж, демонтаж, перевозка башенных кранов**

На стройплощадку башенный кран доставляют автотранспортом в виде отдельных частей в сложенном состоянии и здесь монтируют — производят необходимый комплекс операций по переводу крана из транспортного положения в рабочее. К моменту доставки крана на объекте должны быть полностью закончены подготовительные работы: уложены крановые пути, подготовлены въезды на них, подготовлено монтажное, такелажное и вспомогательное оборудование, инвентарь и инструменты, для немобильных башенных кранов установлены монтажные стрелы, лебедки, полиспасты, якоря для крепления монтажных расчалок.

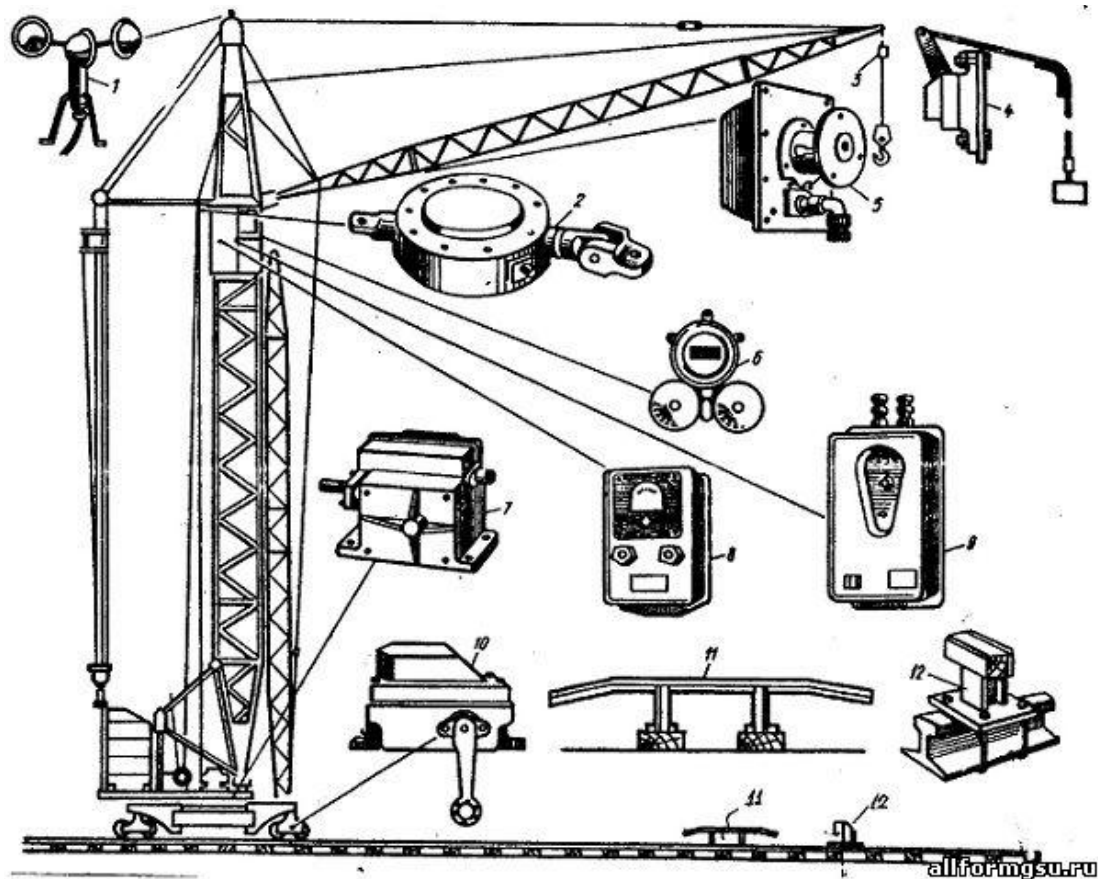
Немобильными башенными кранами считают башенные краны с неповоротной башней. Их монтаж требует значительного времени (2-3 недели), довольно трудоемких верхолазных работ, использования дополнительных грузоподъемных средств и якорных устройств. С мобильного башенного крана, например, КБ-160.2, на время перевозки снимают только промежуточные секции башни. Нарращивают башню в процессе монтажа крана на стройке. После окончания монтажа проводят технический осмотр крана с проверкой электросхем и работы всех конечных выключателей, регулируют отдельные механизмы и устраняют обнаруженные дефекты. Для проверки прочности крана и отдельных его элементов проводят статическое испытание его нагрузкой, превышающей грузоподъемность крана. При положительных результатах статического испытания проводят динамическое испытание, проверяя действие всех механизмов крана и его тормозов. Результаты

испытаний оформляют актом. Крановый путь должен иметь заземление, инвентарные тупиковые упоры. Неподалеку от кранового пути должен находиться контрольный груз (как правило, это железобетонные блоки), которыми систематически контролируют исправность ограничителя грузоподъемности крана. Демонтаж башенных кранов ведут в порядке, обратном монтажу. При монтаже и демонтаже башенных кранов управление работой их механизмов в целях безопасности ведется с переносных монтажных пультов. При перевозках башенных кранов с неповоротной башней с одного объекта на другой их предварительно разбирают на отдельные монтажные узлы, которые погружают на автотягачи с одноосными прицепами. Для перевозки мобильных башенных кранов, не разбираемых целиком, применяют автотягачи, снабженные подкатными тележками и сцепными устройствами. Плиты балласта перевозят отдельно от крана. Сам кран устанавливают на подкатную тележку с помощью собственных механизмов, а на тягач — с помощью автокрана.

## **10 Приборы и устройства безопасности строительных башенных кранов**

Все башенные краны оборудуются приборами безопасности. К ним относятся ограничители крайних положений всех видов движения, расположенные перед упорами: передвижения крана, грузовой и контргрузовой тележек, угла наклона стрелы, поворота, высоты подъема, выдвигания башни и т. д. Для защиты кранов от перегрузки при подъеме груза на определенных вылетах применяют ограничители грузоподъемности. Краны также оснащают тормозами на всех механизмах рабочих движений, нулевой и концевой электрозашитой, аварийными кнопками и рубильниками, анемометрами с автоматическим определением опасных порывов ветра и подачей звуковых и световых сигналов для предупреждения машиниста об опасности, рельсовыми захватами на ходовых тележках, указателями вылета крюка и грузоподъемности на данном вылете при соответствующей высоте подъема

груза и т. п. Эксплуатация башенных кранов в соответствии с правилами Госгортехнадзора разрешается только после регистрации в органах технадзора, а также после технического освидетельствования (включающего в себя осмотр крана, статическое и динамическое испытания) и разрешения на пуск в работу.

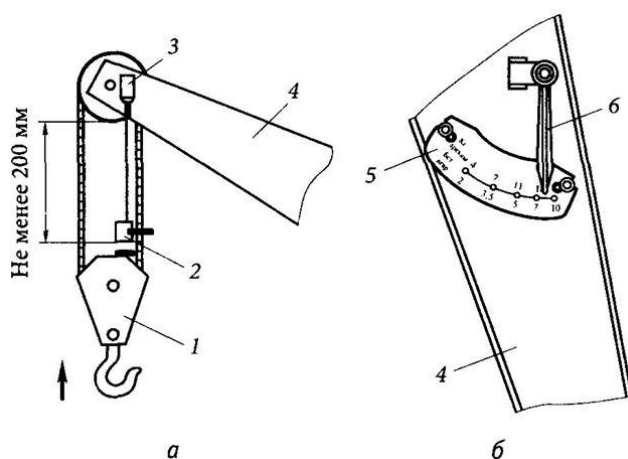


1 – анемометр; 2 - датчик – усилий ограничителя грузоподъёмности; 3 – груз ограничителя подъёма крюка; 4 – выключатель ограничителя высоты подъёма крюка; 5 – датчик угла подъёма стрелы; 6 – звуковой сигнал; 7 – концевой выключатель ограничителя поворота башни; 8 – панель сигнализации ограничителя; 9 – релейный блок ограничителя грузоподъёмности; 10 – концевой выключатель ограничителя передвижения крана; 11 – инвентарная путевая линейка; 12 – тупиковый упор.

Рисунок 36 - Приборы и устройства, обеспечивающие безопасную работу башенного крана.

Все краны *стрелового типа* оборудуют ограничителем грузоподъемности ОГК (грузового момента), автоматически отключающим механизмы подъема и изменения вылета. Отключение происходит при подъеме груза, масса которого превышает грузоподъемность для данного вылета:

более чем на 15 % — для порталных кранов и башенных с грузовым моментом до 20 т•м и более чем на 10 % с грузовым моментом более 20 т•м. После срабатывания ограничителя грузоподъемности возможно только опускание груза и уменьшение вылета. Ограничитель механизма подъема груза предназначен для автоматической остановки механизма в крайнем верхнем положении грузозахватного органа.



а — ограничитель механизма подъема; б - указатель грузоподъемности; 1 - крюковая подвеска; 2 - груз; 3 - концевой выключатель; 4 - стрела; 5 — шкала; 6 — стрелка.

Рисунок 37 - Устройства безопасности кранов

Ограничителем является концевой выключатель 3 (рисунок 37, а), электрические контакты которого замкнуты под весом небольшого груза 2. Перемещаясь вверх, крюковая подвеска 1 поднимает груз, размыкает электрические контакты концевой выключателя, в результате чего выключается двигатель механизма подъема. После автоматической остановки механизм может быть включен на опускание. На кранах с гибкой подвеской стрелового оборудования указатель грузоподъемности (рисунок 37, б) устанавливают в нижней части стрелы 4. Такой указатель имеет стрелку 6,

которая всегда располагается в вертикальном положении независимо от угла наклона стрелы. Стрелка указывает значение грузоподъемности на шкале 5, соответствующее данному вылету и положению выносных опор.

*Ограничитель нагрузки башенного крана ОНК-160Б* служит для защиты крана от перегрузок и опрокидывания. Обеспечивает координатную защиту по высоте подъема крюка, по повороту и вылету. Имеет встроенный регистратор параметров крана РПБК-01.

*Анемометр сигнальный цифровой АСЦ-3.* Предназначен для установки на мостовые, козловые, башенные краны, с целью определения недопустимых значений скорости ветра и включения при этом сигнальных устройств.

*Прибор защиты от обрыва фаз УЗОФ-3М* предназначен для установки на краны с электроприводом. Защищает от падения груза (независимо от места обрыва фаз. Электронные счетчики моточасов СВН-1, СВН-2-01, СВН-2-02. Для учета времени наработки грузоподъемных машин.

*Указатель угла наклона крана (креномер).* Устанавливается на стреловых кранах;

*Противоугольные устройства,* которые устанавливаются на кранах, передвигающихся по крановому пути на открытом воздухе. В качестве противоугольных устройств применяют рельсовые захваты и клиновые упоры.

**ВНИМАНИЕ! КАТЕГОРИЧЕСКИ запрещается работа крана при неисправных или отключенных приборах безопасности.**

## 11 Контрольные вопросы

1. Назначение и область применения башенного крана.
2. Дайте определение башенного крана.
3. Почему башенные краны широко применяются в строительстве?
4. Приведите классификацию и индексацию башенных кранов
5. Поясните общее устройство башенного крана.
6. Дайте определение полиспаста и его кратности.
7. Опишите рабочий процесс башенного крана с поворотной и неповоротной башней.
8. Назовите основные параметры башенного крана.
9. Что такое грузоподъемность и грузовой момент?
10. Устройство башенных кранов с подъемной и балочной стрелой.
11. Приведите кинематическую схему механизма подъема стрелы.
12. Для чего в башенных кранах применяют грузовые тележки?
13. Опишите особенность устройства ходовых тележек и их компоновки.
14. Как устроены опорно-поворотные устройства, где они размещены?
15. Поясните, для чего нужен противовес и балласт. Где они располагаются?
16. Как устроены приставные башенные краны?
17. Назовите способы удлинения высоты башни вставками.
18. Опишите принцип перемещения самоподъемных башенных кранов.
19. Какими устройствами безопасности оборудуют башенные краны?
20. На каких кранах и для чего устанавливают анемометры, какую информацию они выдают?
21. Для чего применяют противоугольные устройства, тупиковые упоры?
22. Принцип действия ограничителя грузоподъемности.
23. Изложить основные положения техники безопасности при эксплуатации башенных кранов.
24. По каким основным трем параметрам производится подбор крана?
25. Как определяется требуемая высота подъема для башенного крана?

## Список использованных источников

1 Волков, Д. П. Строительные машины: учебник / Д. П. Волков, В. Я. Крикун.- М. : ИАСВ, 2002.-376 с.

2 Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации: учебник для строит. / С.С. Добронравов.- М. : Высш. шк., 2006 .-575 с.

3 Пермяков, В.Б. Комплексная механизация строительства: учеб. для вузов / В. Б. Пермяков.- М. : Высш. шк., 2008. - 383 с.

4 Машины и оборудование для строительства, технического перевооружения и ремонта объектов энергетики.: Требования к проектированию, материалам, изготовлению, приемке и испытанию. РД 153-34.0-04.185-2003. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. - 64 с. – Режим доступа:

[http://www.biblioclub.ru/57357\\_Mashiny\\_i\\_oborudovanie\\_dlya\\_stroitelstva\\_tekhnicheskogo\\_perevooruzheniya\\_i\\_remonta\\_obektov\\_energetiki\\_Trebovaniya\\_k\\_proektirovaniyu\\_materialam\\_izgotovleniyu\\_priemke\\_i\\_ispytaniyu\\_RD\\_153\\_34\\_0\\_04\\_185\\_2003.html](http://www.biblioclub.ru/57357_Mashiny_i_oborudovanie_dlya_stroitelstva_tekhnicheskogo_perevooruzheniya_i_remonta_obektov_energetiki_Trebovaniya_k_proektirovaniyu_materialam_izgotovleniyu_priemke_i_ispytaniyu_RD_153_34_0_04_185_2003.html)

5 Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период. : СП 12-104-2002. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. - 48 с. – Режим доступа:

[http://www.biblioclub.ru/57432\\_Mekhanizatsiya\\_stroitelstva\\_Ekspluatatsiya\\_stroitelnykh\\_mashin\\_v\\_zimnii\\_period\\_SP\\_12\\_104\\_2002.html](http://www.biblioclub.ru/57432_Mekhanizatsiya_stroitelstva_Ekspluatatsiya_stroitelnykh_mashin_v_zimnii_period_SP_12_104_2002.html)

6 Порядок выбора монтажных кранов и приспособлений, используемых при возведении зданий и сооружений: учебное пособие / А.А.Шадрина, Н.И.Доркин, Н.И.Скворцова, А.М.Спрыжков. – Самара:СГАСУ,2012. -216с.

7 ПБ – 10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. / Госгортехнадзор России, М., 2008

# Приложение А

(обязательное)

## Содержание бланка отчета

### Пример отчета по практической работе:

Изучение устройства и рабочих процессов строительных башенных кранов.

1. Цель работы
2. Теоретическая часть (определения, классификация)
3. Принципиальная схема указанного башенного крана
4. Выполнить кинематические схемы механизмов: подъема, поворота, передвижения.
5. Описание принципа работы и рабочих процессов рассмотренных машин.
6. Определить производительность башенного крана
7. Пояснить индексацию башенных кранов (пример)
8. Области рационального применения башенных кранов различного типа
9. Описать устройства безопасности работы башенных кранов (по указ. преподавателя)

Руководитель:

\_\_\_\_\_  
(подпись) (расшифровка подписи)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

Исполнитель:

студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(подпись) (расшифровка подписи)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_



## Приложение Б

(обязательное)

### Исходные данные для выбора крана

Вар и Ант	Вид груза и его масса q, т		Высота подъема крюка, м				Вылет крюка, м		
			h1	h2	h3	h4	d	bn (bn)	c
1	А;	5,4	30	2	1	2	10	8	-
2	Б;	10,0	44	4	2	2	6	10	7
3	А;	5,7	34	3	1	3	8	4	12
4	Б;	16,0	37	2	2	3	6	10	-
5	А;	9,0	40	1	2	4	7	8	10
6	Б;	14,0	26	7	1	5	14	14	-
7	А;	10,5	34	3	2	3	6	18	-
8	Б;	24,0	22	8	1	6	6	10	-
9	А;	8,0	36	2	2	4	5	10	10
10	Б;	12,0	28	6	1	4	10	12	5
11	А;	4,6	41	3	2	5	6	5	-
12	Б;	15,0	30	4	1	4	5	12	-
13	А;	2,9	43	2	1	6	9	10	6
14	Б;	8,0	25	1	2	3	15	12	-
15	А;	10,5	32	2	3	7	7	10	8
16	Б;	11,0	40	4	1	5	8	4	-
17	А;	9,0	27	3	2	4	8	8	8
18	Б;	6,0	45	1	1	3	12	5	8
19	А;	5,7	34	2	2	4	13	12	-
20	Б;	13,0	28	1	1	7	10	7	6

Пр и м е ч а н и е - Виды грузов:

А - бадья с бетонной смесью;

Б - деталь сборной железобетонной или металлической конструкции.

## Приложение В

(рекомендуемое)

### Данные для расчета производительности башенного крана

Вариант КВ	l <sub>т</sub> , м	l <sub>д</sub> , м	n <sub>1</sub> , об	t <sub>р</sub> , мин
1 0,85	14	16	0,4	4
2 0,80	15	17	0,3	7
3 0,85	16	8	0,2	5
4 0,85	13	9	0,5	3
5 0,90	10	10	0,6	6
6 0,80	22	12	0,4	7
7 0,85	12	12	0,3	6
8 0,80	14	13	0,8	9
9 0,90	11	14	0,7	7
10 0,85	15	12	0,5	10
11 0,90	8	18	0,4	5
12 0,85	16	20	0,5	8
13 0,85	13	25	0,3	8
14 0,85	12	22	0,6	5
15 0,90	15	19	0,7	6
16 0,80	7	21	0,5	9
17 0,85	11	24	0,4	8
18 0,90	14	14	0,7	4
19 0,85	13	17	0,8	3
20 0,85	9	12	0,6	7

## Приложение Г

(рекомендуемое)

### Параметры основных моделей башенных кранов

Кран	Вид Стрелы	Грузоподъем- ность Q, т max-min	Вылет крюка L, м min-max	Высота Подъема крюка H, м	Скорость подъема (опускания) Vп(о), м/мин	Скорость изменения вылета Vт, м/мин	Скорость перемещения крана Vд, м/мин	Частота Вращения Крана n, об/мин
БК-1000	Под.	50,0 - 16,0	12,5 - 45,0	88	10	6,0	12	0,2
КБ-602	Под.	25,0 - 10,0	16,0 - 35,0	72	5.....120	8,0	12	0,3
КБ-674-0	Бал.	25,0 - 10,0	4,0 - 35,0	46	10.....18	4,8; 36,6	13	0,6
КБ-674-4	Бал.	25,0 - 6,3	4,0 - 35,0	70	17.....100	4,8; 36,6	13	0,6
КБ-674-3	Бал.	12,5 - 5,6	3,5 - 50,0	59	35.....100	4,8; 36,6	13	0,6
КБ-504	Бал.	10,0 - 6,2	25,0 - 40,0	77	35.....100	9,2; 27,6	18	0,6
КБ-405-1	Под.	10,0 - 7,5	13,0 - 25,0	58	33.....108	8,0	30	0,6
КБ-308	Бал.	8,0 - 3,2	4,5 - 25,0	42	18; 36; 54	8,0; 16,0	18	0,6